

**А. Я. Корольченко
Д. В. Трушкин**

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

**Москва
2005**

А. Я. Корольченко

Д. В. Трушкин

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Учебное пособие

Москва
Издательство "Пожнаука"
2005

Москва, ул. Вавилова, д. 10, стр. 1

Глава 5.	Пожарная опасность строительных материалов.....	95
5.1.	Пожарная опасность древесины и строительных материалов на ее основе.....	95
5.2.	Пожарная опасность отделочных и облицовочных строительных материалов	100
5.3.	Пожарная опасность напольных покрытий.....	105
5.4.	Пожарная опасность теплоизоляционных материалов	108
5.5.	Пожарная опасность кровельных материалов.....	119
5.6.	Пожарная опасность красок, лаков и эмалей	120
Глава 6.	Методы снижения пожарной опасности строительных материалов	123
6.1.	Материалы на основе древесины и целлюлозы	124
6.2.	Материалы на основе поливинилхлорида	126
6.3.	Материалы на основе полиуретана	134
6.4.	Материалы на основе фенолформальдегидных смол.....	141
6.5.	Материалы на основе карбамидных смол	144
6.6.	Материалы на основе полистирола	144
6.7.	Материалы на основе непредельных олигоэфиров	149
6.8.	Материалы на основе полиолефинов	155
6.9.	Материалы на основе эпоксидных смол	161
6.10.	Материалы на основе фурановых смол	165
Глава 7.	Нормирование применения строительных материалов	167
7.1.	Система нормативных документов в строительстве	167
7.2.	Требования нормативных документов к строительным материалам.....	171
7.3.	Сертификация строительных материалов по пожарной опасности	173
<i>Приложение 1.</i>	Характеристики пожарной опасности материалов на основе древесины	180
<i>Приложение 2.</i>	Характеристики пожарной опасности отделочных и облицовочных материалов	182
<i>Приложение 3.</i>	Характеристики пожарной опасности напольных покрытий....	191
<i>Приложение 4.</i>	Характеристики пожарной опасности теплоизоляционных материалов	204
<i>Приложение 5.</i>	Характеристики пожарной опасности кровельных материалов.....	221
<i>Приложение 6.</i>	Характеристики пожарной опасности погонных профилей....	225
<i>Приложение 7.</i>	Характеристики пожарной опасности красок, лаков и эмалей....	226
	Список литературы, использованной при подготовке учебного пособия.....	231
	Список рекомендуемой литературы.....	232

ВВЕДЕНИЕ

Анализ пожаров в зданиях различного назначения показывает, что в них практически всегда участвуют строительные материалы. Это участие может быть различным. В одних случаях пожар возникает при контакте источника загорания с внутренней отделкой помещений, в других — горючие материалы, входящие в состав строительных конструкций, являются путем распространения пожара по зданию. Но всегда присутствие горючих отделочных, облицовочных, теплоизоляционных материалов, применяющихся при строительстве зданий, повышает их потенциальную пожарную опасность.

По этой причине нормативные документы, регламентирующие сферу строительства, ограничивают применение горючих пожароопасных материалов.

Правильный выбор материалов для строительства, ремонта и реконструкции зданий возможен только на основе знания закономерностей их воспламенения и горения, особенностей их поведения при горении.

В связи с этим основное внимание в учебном пособии уделено описанию механизма воспламенения и распространения пламени по строительным материалам, методов экспериментального определения пожарно-технических характеристик. Приведены обобщенные характеристики пожарной опасности наиболее распространенных классов строительных материалов, способы снижения пожарной опасности.

Учебное пособие подготовлено на основе курса лекций по дисциплине “Пожарная опасность строительных материалов” для студентов Московского государственного строительного университета, обучающихся по специальности “Пожарная безопасность”.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Строительные материалы (СМ) — разнообразные природные и искусственные материалы, используемые при строительстве и ремонте зданий и сооружений.

Большое разнообразие зданий и сооружений, различные условия их строительства и эксплуатации определяют разнообразные требования к СМ (в том числе и к уровню их пожарной опасности).

1.1. Классификация строительных материалов

По совокупности технологических и эксплуатационных признаков СМ подразделяют на следующие основные группы.

Природные каменные материалы — горные породы, подвергнутые механической обработке: облицовочные плиты, стеновые камни, бутовый камень, щебень, гравий и др.

Древесина — природный строительный материал. В современном строительстве древесина используется для изготовления отделочных материалов (паркет, фанера и др.), столярных изделий, несущих конструкций (особенно перспективны клеенные деревянные конструкции).

Керамические материалы — материалы, получаемые путем формования, сушки и обжига глиносодержащего сырья. Высокая прочность и долговечность керамических СМ определяют разнообразные области их применения в строительстве, например в качестве стеновых материалов (кирпич, керамические камни), для наружной и внутренней облицовки зданий (керамическая плитка), изготовления санитарно-технических изделий.

Неорганические вяжущие вещества — порошкообразные материалы (цементы различных видов, гипс, известь и др.), образующие при смешении с водой пластичное тесто и приобретающие затем камневидное состояние.

Эти вяжущие вещества делятся на воздушные, гидравлические и кислотоупорные.

Воздушными вяжущими называют материалы, обладающие способностью затвердевать и сохранять свою прочность только на воздухе. К числу таких вяжущих относится гипс.

Гидравлические вяжущие вещества способны затвердевать и сохранять прочность не только на воздухе, но и в воде. К гидравлическим вяжущим относятся портландцемент, пуццолановые и шлаковые цементы, глиноземистый цемент.

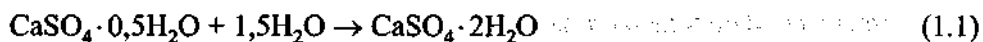
Кислотоупорные вяжущие вещества набирают и сохраняют свою прочность только в среде, в которой присутствуют минеральные кислоты. В эту группу вяжущих входят различные виды жидкого стекла.

Наиболее эффективными в технико-экономическом отношении являются гипсовые и ангидритовые вяжущие вещества. Гипсовые вяжущие состоят из полуводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, полученного в результате тепловой обработки двухводного гипса $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ при температуре 105–200°C.

Ангидритовые вяжущие получают обжигом двухводного гипса при температуре 600–700°C. Они практически полностью состоят из ангидрита — безводного сульфата кальция CaSO_4 . Природный двухводный гипс по химической природе является дигидратом сернокислого кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

При затворении строительного гипса достаточным количеством воды образуется пластичное тесто, которое затем быстро загустевает. Время от начала затворения гипсового теста до полной потери им пластичности называется периодом схватывания. За периодом схватывания наступает период твердения, характеризующийся переходом теста в камневидное состояние с постепенным нарастанием прочности. Механизм этого процесса заключается в следующем.

Полуводный гипс $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ растворяется в воде с образованием насыщенного раствора. Поскольку растворимость двухводного гипса примерно в четыре раза меньше, чем полуводного, из раствора выпадают кристаллы двухводного гипса:



Рост кристаллов двухводного гипса приводит к образованию кристаллизационной структуры в результате срастания отдельных кристаллов. Прочность образовавшейся структуры определяется ее плотностью — степенью заполнения объема твердеющего гипсового камня кристаллами двухводного гипса и прочностью связей между кристаллами. В процессе твердения происходит незначительное увеличение объема, вызываемое кристаллизационным давлением растущих кристаллов двухводного гипса.

При высыхании затвердевшего гипсового камня его прочность увеличивается за счет испарения пленочной воды. Этот процесс сопровождается упрочением контактов срастания кристаллов двуводного гипса.

Жидким стеклом называют растворимые в воде соли кремневой кислоты: $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ (натриевое жидкое стекло) и $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ (калиевое жидкое стекло). Величина n называется силикатным модулем, ее численное значение колеблется в пределах от 2,5 до 3,5.

Жидкое стекло получают сплавлением кварцевого песка с содой или сульфатом натрия при температуре 1300–1400°C. После остывания расплава его обрабатывают водяным паром в автоклавах под давлением 6–8 атм. В результате образуется вязкая жидкость, которую используют в строительном производстве.

Затвердевание жидкого стекла происходит только в воздушной среде. Под действием углекислого газа, содержащегося в воздухе, и паров воды силикат натрия разлагается:

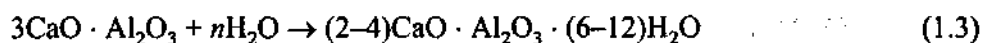


Выделяющийся в виде коллоидного раствора аморфный кремнезем ($n\text{SiO}_2 \cdot m\text{H}_2\text{O}$) обладает клеящей способностью. Процесс его твердения заключается в испарении жидкой фазы, повышении концентрации свободного коллоидного кремнезема, в его последующей коагуляции и уплотнении.

Особенностью поведения затвердевшего жидкого стекла при нагревании (в т.ч. в условиях пожара) являются его плавление и вспучивание, завершающееся образованием довольно устойчивого вспененного слоя, обладающего малой теплопроводностью. На этом свойстве жидкого стекла основано, в частности, его применение в составе силикатных огнезащитных красок.

Портландцементом называется гидравлическое вяжущее вещество, получаемое совместным тонким измельчением клинкера и двуводного гипса. Двуводный гипс вводится в состав портландцемента для регулирования времени схватывания цемента. Количество двуводного гипса определяется из условия, чтобы концентрация ионов $[\text{SO}_3^-]$ в готовом цементе находилась в пределах от 1,5 до 3,5%. Основными минералами, входящими в состав портландцемента, являются силикаты кальция ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ и $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), четырехкальциевый алюмоферрит ($4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$) и трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$). В среднем портландцемент содержит 40–60% масс. трехкальциевого силиката, 20–40% масс. двухкальциевого силиката, 10–18% масс. четырехкальциевого алюмоферрита и 5–15% масс. трехкальциевого алюмината.

На первом этапе затворения портландцемента водой наиболее интенсивно протекает реакция гидратации трехкальциевого алюмината:



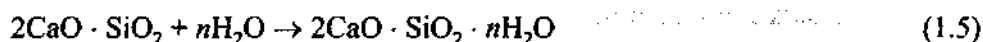
Высокая скорость этой реакции определяет образование кристаллического сростка в первые минуты затворения цемента водой и резкое снижение подвижности цементного теста.

Вторым по скорости гидратации минералом портландцемента является четырехкальциевый алюмоферрит, при гидратации которого образуется трехкальциевый гидросиликат и однокальциевый алюмоферрит. Этот минерал определяет высокую прозрачность образующегося цементного камня.

Третье место по скорости гидратации занимает трехкальциевый силикат. Гидратация этого минерала сопровождается выделением гидрата окиси кальция:



Продукт гидратации трехкальциевого силиката обладает высокой механической прочностью и в значительной степени определяет физико-механические свойства цементного камня в первые сутки твердения. В дальнейшем увеличение прочности портландцементного камня определяется двухкальциевым силикатом, гидратирующимся по схеме:



Глиноземистый цемент — этот вяжущий материал получают помолом плавленных бокситов. Он содержит низкоосновные алюминаты кальция.

Фосфатными вяжущими называются все содержащие фосфаты соединения, в результате применения которых композиции твердеют. Примером фосфатных вяжущих являются гетерогенные системы на основе фосфорных кислот и соединений, образующих при взаимодействии с ними кислые соли.

Бетоны — искусственные каменные материалы, получаемые из смеси вяжущего вещества с водой, заполнителей и специальных добавок после ее формования и твердения. По виду применяемого вяжущего они классифицируются на бетоны:

- на неорганических вяжущих (цементные, гипсобетонные, силикатные, кислотоупорные, жаростойкие);
- на органических вяжущих (асфальтобетоны, пластбетоны, полимербетоны).

Цементные бетоны в зависимости от объемной массы подразделяются на четыре группы:

- особо тяжелые (объемная масса более 2500 кг/м^3);
- тяжелые (объемная масса от 1800 до 2500 кг/м^3);
- легкие (объемная масса от 500 до 1800 кг/м^3);
- особо легкие (объемная масса менее 500 кг/м^3).

Особо тяжелые бетоны предназначены в основном для строительства специальных защитных сооружений (главным образом от радиационных воздействий).

Тяжелые бетоны — наиболее распространенный вид. Они применяются в бетонных и железобетонных конструкциях промышленных и гражданских зданий, в гидротехнических сооружениях.

Легкие бетоны применяются для возведения наружных стен и покрытий зданий, т.е. там, где требуется низкая теплопроводность и малый вес. Легкие бетоны обычно называют в зависимости от примененного заполнителя: вермикулитобетон, керамзитобетон, пемзобетон, перлитобетон и т.д.

Особо легкие бетоны используют главным образом в качестве теплоизоляционных материалов.

При введении в состав бетонов полимеров они могут переходить в группу горючих материалов.

Металлы. В строительстве применяют в основном стальную прокат и сплавы алюминия. Сталь используют для изготовления несущих конструкций зданий, в качестве арматуры в железобетоне, для изготовления пролетных строений мостов, как кровельный материал.

Теплоизоляционные материалы применяются для тепловой изоляции ограждающих конструкций зданий, сооружений, промышленного оборудования, трубопроводов. В качестве теплоизоляционных используется большое количество разнообразных по составу и строению материалов: минеральная вата и изделия из нее, особо легкие бетоны, пенопласты, асбестовые материалы, пеностекло, вспученные перлит и вермикулит, древесноволокнистые плиты.

Теплоизоляционные материалы характеризуются низкой теплопроводностью (коэффициент теплопроводности не более $0,2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$), высокой пористостью ($70\text{--}98\%$), незначительными объемной массой и прочностью. Одна из основных характеристик теплоизоляционных материалов — объемная масса (в кг/м^3), определяющая их теплопроводность.

Различают следующие типы теплоизоляционных материалов:

- жесткие (плиты, блоки, кирпич, скорлупы, сегменты);

- гибкие (маты, жгуты, шнуры);
- сыпучие (зернистые, порошкообразные);
- волокнистые.

Пенопласты — газонаполненные пластические массы ячеистой структуры. Пенопласты имеют строение отвердевших пен. Они содержат замкнутые, не сообщающиеся между собой полости, разделенные прослойками полимера. Этим они отличаются от *поропластов* — материалов, пронизанных системой каналов — пор, т.е. имеющих губчатую структуру.

Пенопласты можно получить из большинства синтетических и многих природных полимеров. Однако пенопласты строительного назначения выпускают главным образом на основе полистирола, поливинилхлорида, полиуретанов, полиэтилена, фенольных, эпоксидных, карбамидных и кремнийорганических смол. Выпускаются жесткие и эластичные пенопласты с размером ячеек от 0,02 до 2 мм и чрезвычайно низкой плотностью 20–100 кг/м³. Пенопласты обладают превосходными тепло- и звукоизоляционными свойствами. Основные характеристики пенопластов показаны в табл. 1.1.

Таблица 1.1. Свойства пенопластов

Полимерная основа	Марка	Плотность, кг/м ³	Максимальная рабочая температура, °С	Водопоглощение, %
Полистирол	ПС-1	60–220	65	0,4–0,6
Поливинилхлорид	ПХВ-1	70–130	60	2,0–2,5
Полиуретан	ПУ-101	50–250	130–150	0,3
Эпоксидная смола	ПЭ-1	90–120	110	1,3–2,3
Фенолформальдегидная смола	ФК-20	190–230	120–130	1,5
Кремнийорганическая смола	К-40	200–400	300	10

По виду основного сырья, используемого для их изготовления, теплоизоляционные материалы подразделяют на органические, неорганические и смешанные.

К *органическим* относятся материалы, получаемые переработкой древесины (древесноволокнистые и древесностружечные плиты), сельскохозяйственных отходов (камышит, соломит), торфа (торфоплиты). Эти материалы отличаются низкой водо- и биостойкостью. Указанных недостатков лишены теплоизоляционные материалы на основе полимеров: пенопласты и поропласты. Для

них характерны невысокая теплостойкость и повышенная пожарная опасность. Менее пожароопасны теплоизоляционные материалы смешанного состава: фибролит и арболит. Их получают из смеси минерального вяжущего и органического наполнителя (древесные стружки, опилки и т.п.).

Неорганические теплоизоляционные материалы — минеральная вата и изделия из нее, базальтовое волокно, особо легкие бетоны, пеностекло, изделия из вспученного перлита, вермикулита и керамзита, материалы на основе асбеста.

Вспученный перлит представляет собой пористый материал, получаемый из алюмосиликатных пород вулканического происхождения. В зависимости от размера частиц его подразделяют на песок (размеры частиц до 5 мм) и щебень (от 5 до 20 мм). Перлитовый щебень применяют в качестве заполнителя в бетонах огнезащитного действия, перлитовый песок — в качестве заполнителя в огнезащитных штукатурках, бетонах огнезащитного действия, при изготовлении огнезащитных покрытий и плит, для теплоизоляционных засыпок, эксплуатируемых при температурах до 1000°C.

Вспученный вермикулит — продукт переработки минерала, состав которого отражается формулой $22\text{MgO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 22\text{SiO}_2 \cdot 40\text{H}_2\text{O}$. В зависимости от размера частиц вспученный вермикулит делится на следующие фракции: крупный (при размере частиц от 5 до 10 мм), средний (от 0,6 до 5 мм) и мелкий (до 0,6 мм). Аналогично вспученному перлиту вспученный вермикулит применяют в качестве заполнителя при изготовлении огнезащитных материалов, а также в качестве теплоизоляционных засыпок, длительно работающих при температурах до 1100°C. Вермикулит является наиболее теплостойким из всех минеральных заполнителей.

Керамзит — искусственный легковесный материал мелкопористого строения. Его получают вспучиванием при обжиге силикатных глин и сланцев, а также золы тепловых электростанций. В зависимости от размеров частиц керамзит подразделяют на гравий (размеры частиц от 5 до 40 мм), крупный (от 1,2 до 5 мм) и мелкий (до 1,2 мм) песок.

В зависимости от насыпной плотности керамзитовый гравий подразделяют на четыре марки:

- особо легкий — плотность менее 250 кг/м³;
- легкий — плотность от 250 до 500 кг/м³;
- средний — плотность от 500 до 600 кг/м³;
- тяжелый — плотность более 600 кг/м³.

Минеральное волокно представляет собой гибкое протяженное тело, длина которого значительно превосходит его толщину. Средняя толщина волокон

обычно находится в пределах от 1 до 50 мкм. Из волокон изготавливают маты, войлок, холсты, штапельные ткани. Волокнистые композиции с низкой теплопроводностью относятся к лучшим теплоизоляторам.

Благодаря невысокой стоимости наиболее широкое применение в строительстве нашли материалы на основе силикатных волокон (минеральной ваты). Кроме них созданы волокнистые материалы на основе оксида алюминия и кварца, рабочий диапазон температурного применения которых достигает 1200°C (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Характеристики каолинового, кремнеземистого и кварцевого волокон

Волокно	Температура, °С		Химический состав, %				
	рабочая	максимальная	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃
Каолиновое	800–1000	1840	50–55	45–50	0,5–1,5	0,1–0,5	0,1–0,3
Кремнеземистое	1000–1200	1700	92–95	2–4	0,5–1,0	0,1–0,5	0,2–0,8
Кварцевое	1100–1200	1720	99,7	0,5	0,15	0,05	–

Для практического использования в строительстве на основе минеральных волокон изготавливают жесткие и полужесткие листы, плиты, рулонные материалы. В качестве связующего при изготовлении этих материалов применяются полимерные смолы. Присутствие смол может переводить материалы из минеральных волокон в группу горючих.

Стекло применяется главным образом для устройства светопрозрачных ограждений. Представляет собой твердый аморфный материал. Наряду с обычным листовым стеклом в строительстве используется стекло специального назначения: армированное, закаленное, теплозащитное, огнестойкое, а также изделия из стекла: стеклоблоки, стеклопрофилит.

Органические вяжущие вещества и гидроизоляционные материалы — битумы, дегти и получаемые на их основе асфальтобетон, рубероид, толь. К этой группе относятся также полимерные вяжущие, применяемые для получения полимербетонов.

Полимерные строительные материалы — большая группа строительных материалов на основе синтетических полимеров. Они отличаются высокими физико-химическими, механическими и декоративными свойствами, водо- и химической стойкостью, технологичностью. Их используют в качестве отде-

лочных и облицовочных, кровельных, теплозвукоизоляционных материалов, напольных покрытий, погонажных строительных изделий. Многие полимерные материалы отличает повышенная пожарная опасность.

Кровельные материалы — строительные материалы, предназначенные для устройства кровель зданий и сооружений. Они отличаются водонепроницаемостью, атмосферо- и морозостойкостью. По виду используемого сырья различают органические (битумные, дегтевые, древесные и полимерные), силикатные (асбоцемент, черепица) и металлические кровельные материалы. Их еще подразделяют на рулонные, мастичные и штучные.

Рулонные кровельные материалы изготавливают на основе битума (рубероид, пергамин, стеклорубероид) и дегтя (толь). Эти материалы относительно недороги, обеспечивают достаточно легкое и тонкое кровельное покрытие на крышах любой формы. Долговечность битумных рулонных материалов составляет 10–15 лет. В качестве кровельных материалов используются также: изол-резинобитумный материал, армированный асбестовым волокном; гидроизол — асбестовый картон, пропитанный битумом.

В строительстве применяют мастичные кровельные материалы на основе битума и дегтя, модифицированные полимерами. Их используют для устройства бесшовных кровель. Для исключения образования трещин в таких покрытиях в них вводят армирующий элемент — стеклоткань.

Стеклоткань, модифицированная полимерами, используется для получения различных кровельных материалов, имеющих торговые названия: бикрост, экофлекс, бикропласт, изопласт, рубитокс, стекломаст, дипрофлекс.

Резинобитумная плитка, армированная стекловолокном, применяется в качестве мягких кровельных материалов.

В последние годы в качестве кровельного материала предложены плоские листы ПВХ толщиной от 2,0 до 3,5 мм. Температурный диапазон применения этого материала — от -40 до $+80^{\circ}\text{C}$. Долговечность достигает пятидесяти лет.

Лаки и краски — отделочные строительные материалы на органических и неорганических растворителях. Применяются в качестве защитных и декоративных покрытий строительных конструкций. Наиболее широко используются синтетические лакокрасочные материалы и водоэмульсионные краски на полимерном связующем.

В состав лакокрасочных материалов входят пленкообразующие вещества (связующие), тонкодисперсные неорганические или органические пигменты, растворители, наполнители, сиккативы (ускорители высыхания) и пластификаторы. Связующими в лакокрасочных материалах являются: растительные мас-

ла или олифы, лаки, водные дисперсии полимеров, водные растворы растительных или животных клеев и жидкого стекла.

Краски выпускают главным образом в виде концентрированных (так называемые густотертые краски) или разбавленных суспензий. Для получения суспензий, разбавленных до рабочей вязкости, густотертые краски разводят соответствующими растворителями или олифой.

Клеевые краски представляют собой суспензии неорганических и органических пигментов в водных растворах пленкообразующих веществ: эфиров целлюлозы, поливинилового спирта, крахмала, казеина, клеев животного происхождения.

Масляные краски представляют собой суспензии неорганических пигментов и наполнителей в олифах, изготовленных из растительных масел.

Масляные лаки — растворы продуктов совмещения растительных масел и природных или синтетических смол в органических растворителях: уайт-спирите, сольвенте-нафта, бензине, скипидаре, ксилоле.

Эмалевые (лаковые) краски — суспензии высокодисперсных пигментов в лаках. По типу пленкообразующие вещества подразделяются на масляные, алкидные (глифталевые и пентафталевые), эпоксидные, кремнийорганические, нитроцеллюлозные, полиакриловые.

Эмульсионные (водоэмульсионные) краски — суспензии пигментов в синтетических латексах. Наиболее широко распространены краски этого типа на основе латексов гомо- и сополимеров винилацетата (поливинилацетатные эмульсионные краски), сополимеров стирола с бутадиеном (стирол-бутадиеновые эмульсионные краски), сополимеров акрилатов (полиакрилатные эмульсионные краски).

Лаки — растворы пленкообразующих веществ в органических растворителях: спирте, уайт-спирите, этилацетате, ксилоле и др. В зависимости от типа пленкообразователя различают масляные, алкидные, полиуретановые, эпоксидные, кремнийорганические и другие виды лаков.

При оценке пожарной опасности в нашей стране сложилась практика выделения следующих групп строительных материалов:

- древесина и материалы на ее основе;
- отделочные и облицовочные;
- напольные;
- теплоизоляционные;
- кровельные;
- краски, лаки, битумы.

1.2. Классификация строительных материалов по пожарной опасности

Среди одиннадцати видов СМ, перечисленных в разделе 1.1, можно выделить материалы, которые являются негорючими. Это природные каменные и керамические материалы, неорганические вяжущие вещества, металлы, стекло.

Горючесть ряда других материалов зависит от их состава. К таким СМ относятся: бетоны, неорганические теплоизоляционные материалы на органическом связующем, лаки и краски.

При наличии в составе бетонов полимерных добавок (примерно в количестве более 4,5% масс.) и присутствии в неорганических теплоизоляционных материалах полимерных связующих эти материалы становятся горючими.

Горючесть лаков и красок в исходном состоянии зависит, главным образом, от горючести используемого растворителя. Горючесть лакокрасочных покрытий определяется их составом (после высыхания), количеством нанесенных слоев, а также толщиной и свойствами материала конструкции, на которую они нанесены.

Согласно СНиП 21-01-97* "Пожарная безопасность зданий и сооружений" классификация строительных материалов по пожарной опасности производится по следующей схеме, представленной на рис. 1.1.



▲ Рис. 1.1. Схема классификации СМ по пожарной опасности

Из приведенной схемы следует, что на первом этапе производится разделение СМ на негорючие и горючие. В случае отнесения материала к группе негорючих дальнейшие действия по оценке его пожарной опасности не проводятся.

При отнесении СМ к горючим для него необходимо определить группу:

- горючести;
- воспламеняемости;

- распространения пламени;
- дымообразующей способности;
- токсичности продуктов горения.

По горючести СМ подразделяются на четыре группы:

- Г1 — слабогорючие;
- Г2 — умеренногорючие;
- Г3 — нормальногорючие;
- Г4 — сильногорючие.

Горючие СМ по воспламеняемости подразделяются на три группы:

- В1 — трудновоспламеняемые;
- В2 — умеренновоспламеняемые;
- В3 — легковоспламеняемые.

Горючие СМ по распространению пламени по поверхности подразделяются на четыре группы*:

- РП1 — нераспространяющие пламя;
- РП2 — слабораспространяющие пламя;
- РП3 — умереннораспространяющие пламя;
- РП4 — сильнораспространяющие пламя.

Горючие СМ по дымообразующей способности подразделяются на три группы:

- Д1 — с малой дымообразующей способностью;
- Д2 — с умеренной дымообразующей способностью;
- Д3 — с высокой дымообразующей способностью.

Горючие СМ по токсичности продуктов горения подразделяются на четыре группы:

- Т1 — малоопасные;
- Т2 — умеренноопасные;
- Т3 — высокоопасные;
- Т4 — чрезвычайно опасные.

Лаки и краски в исходном состоянии характеризуются следующими показателями пожарной опасности (в соответствии с ГОСТ 12.1.044–89): группой горючести, температурами вспышки, воспламенения и самовоспламенения, температурными пределами воспламенения.

* Группа распространения пламени определяется только для поверхностных слоев кровли и полов, в том числе для ковровых покрытий.

В тех случаях, когда лаки и краски содержат в своем составе органические растворители, являющиеся легковоспламеняющимися жидкостями, характеристики их пожарной опасности должны дополнительно включать: концентрационные пределы распространения пламени, максимальное давление взрыва, скорость нарастания давления взрыва, минимальное взрывоопасное содержание кислорода и минимальную флегматизирующую концентрацию флегматизаторов.

После нанесения лакокрасочного материала на строительные конструкции и образования пленки оценка его пожарной опасности должна производиться по группам горючести, воспламеняемости, распространения пламени, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения.

Битумы, являющиеся горючими материалами, характеризуются следующими показателями: температурами вспышки, воспламенения и самовоспламенения.

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ И ГОРЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

2.1. Общие сведения о горении

Горение есть быстропротекающая химическая реакция окисления, сопровождающаяся выделением большого количества тепла и света. Необходимо заметить, что к реакциям горения относятся не только реакции соединения горючих веществ с кислородом, но и другие окислительно-восстановительные реакции, например соединение веществ с галогенами или парами серы.

Согласно установившимся представлениям для возникновения процесса горения необходимо, во-первых, наличие *горючей системы* (смеси горючего с окислителем) и, во-вторых, *источника зажигания*, инициирующего интенсивное протекание химических реакций горения между компонентами горючей смеси.

Для твердых материалов различают следующие режимы горения:

- *пламенное горение* — горение материала с образованием ярко светящейся зоны (пламени) у его поверхности, обусловленное высокоинтенсивной экзотермической химической реакцией окисления;
- *тление* — малоинтенсивный режим горения, при котором преобладает в основном свечение красного цвета и протекают не столь интенсивные химические реакции, как при пламенном горении.

Гетерогенное горение твердых веществ в режиме тления обычно протекает при условии, когда одно из реагирующих веществ находится в конденсированной фазе, а другое (обычно кислород) доставляется посредством диффузии из газовой фазы. При этом конденсированная фаза должна иметь высокую температуру разложения, чтобы при температуре горения практически не происходило ее испарения (так, например, происходит горение угля и нелетучих металлов).

Тление и гетерогенное горение — довольно близкие между собой режимы горения с тем лишь отличием, что в режиме гетерогенного горения реакция

между окислителем и твердым материалом происходит на его раскаленной поверхности (*а не в газовой фазе!*), а при тлении характерно наличие реакции как на раскаленной поверхности, так и между окислителем и летучими продуктами термического разложения в газовой фазе. Ввиду малой интенсивности выделения летучих веществ из-за недостатка поступающего к материалу тепла или недостаточного количества кислорода зона горения (гомогенного пламени) в режиме тления находится очень близко у поверхности горящего материала и характеризуется значительно более слабым, чем в режиме пламенного горения, свечением.

2.2. Воспламенение строительных материалов

Под воспламенением СМ обычно понимают процесс возникновения устойчивого пламенного горения вблизи поверхности материала, предшествующий процессу распространения фронта пламени по его поверхности. Воспламеняемость СМ играет важнейшую роль в аспекте возникновения (инициирования) пожара.

Согласно современным представлениям теории зажигания конденсированных систем для воспламенения твердого полимерного материала необходим внешний тепловой импульс. В полной постановке задача о воспламенении твердого материала является весьма сложной и включает стадии разогрева вещества, его реагирования в поверхностном слое с образованием продуктов термического разложения, самоускорения химических реакций и выхода скорости горения на стационарный режим. При этом необходимо также детально рассматривать процессы массо- и теплопереноса в прилегающем слое газовой фазы.

Воспламенение твердых полимеров в среде газообразного окислителя, например кислорода воздуха, чаще всего рассматривают с позиций теории воспламенения в газовой фазе. Согласно современным представлениям воспламенению полимерного СМ предшествуют стадия нагрева поверхностного слоя материала и его эндотермическая деструкция (газификация) с образованием твердого остатка и горючих летучих продуктов термического разложения. Скорость деструкции может зависеть от многих причин, например от числа слабых химических связей, наличия в составе материала веществ, которые могут служить катализаторами или ингибиторами процесса деструкции и т.д.

Если на момент воспламенения смеси горючих летучих продуктов термического разложения и кислорода воздуха нагрев поверхностного слоя разлагающегося материала достаточен для того, чтобы обеспечить выделение необходи-

мого количества продуктов термического разложения, и в приповерхностном слое материала в момент воспламенения газопаровоздушной смеси выделившееся количество тепла превышает количество тепловых потерь, над поверхностью материала возникает устойчивое пламенное горение.

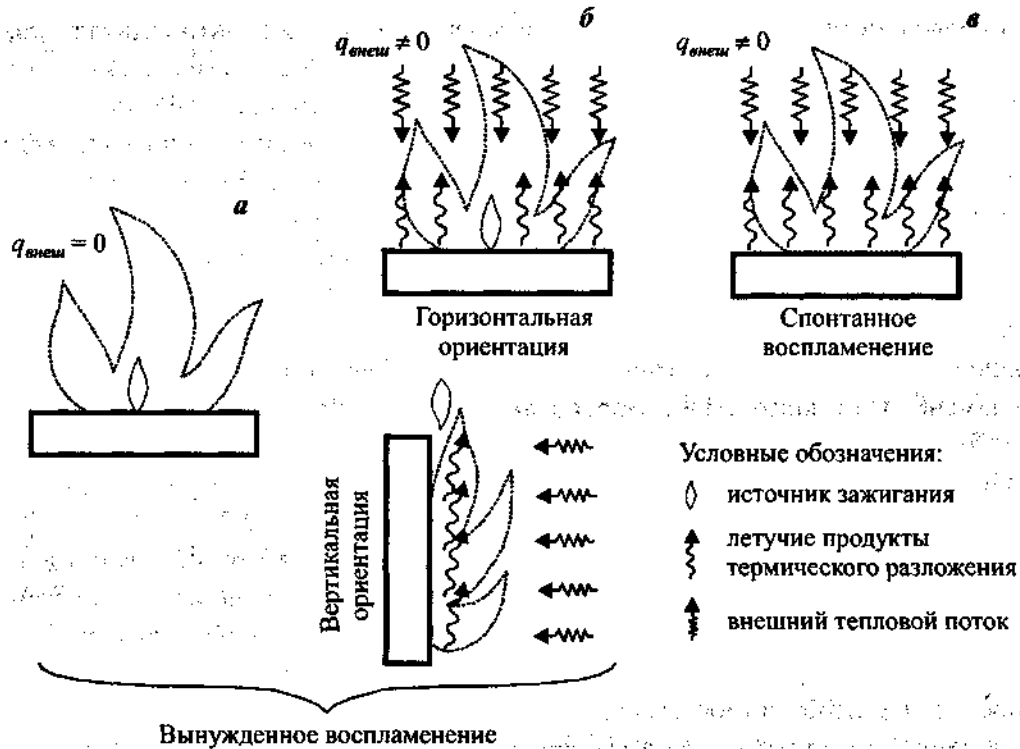
! **Воспламенение летучих продуктов термического разложения возможно лишь при наличии в зоне термической деструкции окислителя, при этом концентрации горючих продуктов и окислителя должны лежать в определенных пределах, а мощность источника зажигания должна быть достаточной для воспламенения горючей смеси.**

Основной вклад в теорию горения был внесен выдающимися советскими учеными Н. Н. Семеновым, Я. Б. Зельдовичем и Д. А. Франк-Каменецким. Ими были разработаны фундаментальные представления о воспламенении вещества в результате нарушения теплового равновесия между теплоприходом за счет экзотермических реакций в системе и теплоотводом в окружающую среду, ими же была выявлена определяющая роль химической кинетики в данном процессе.

При воспламенении СМ различают спонтанное (без источника зажигания) и вынужденное (при наличии источника зажигания) воспламенение. Первый способ воспламенения материала возникает при наличии внешнего теплового потока, второй может происходить как при его наличии, так и при отсутствии (рис. 2.1).

Вынужденное воспламенение при отсутствии внешних тепловых потоков (рис. 2.1а) обычно происходит при локальном теплообмене источника зажигания (пламени спички, расплавленной частицы металла, раскаленной проволоки и т.д.) с поверхностью материала, выражающемся в большинстве случаев в нагревании материала вблизи зоны действия источника, аккумуляции тепловой энергии от источника зажигания, термическом разложении материала и воспламенении в газовой фазе выделившихся при термическом разложении летучих продуктов. Если скорость разложения достаточна, то после воспламенения летучих продуктов термического разложения возникает процесс устойчивого пламенного горения на локальном участке поверхности материала с последующим распространением фронта пламени по поверхности материала.

При наличии внешнего теплового потока, воздействующего на материал, возможно уже вынужденное воспламенение материала не только при непосредственном взаимодействии источника зажигания с поверхностью материала



▲ Рис. 2.1. Способы воспламенения СМ

ла (рис. 2.1б). В этом случае для воспламенения материала достаточно ввести источник зажигания в приповерхностную зону, где на данный момент концентрация смеси летучих продуктов термического разложения с кислородом воздуха достигла критического значения, при котором возможно распространение пламени. В отличие от процесса вынужденного воспламенения при отсутствии предварительной “активации” поверхности (см. рис. 2.1а) в момент воспламенения предварительно прогретой поверхности пламенем охватывается весь участок, подвергнувшийся предварительному нагреву.

При спонтанном воспламенении (самовоспламенении) материала при отсутствии источника зажигания (рис. 2.1в) в результате воздействия теплового импульса на поверхность горючего материала происходит прогрев (“активация”) его поверхностных слоев и ускорение экзотермических химических реакций между продуктами термического разложения и окислителем. Далекая от нагреваемой поверхности холодная часть материала служит своеобразным стоком тепла, получаемого материалом от внешнего источника, по механизму теп-

лопроводности. Очевидно, самовоспламенение может произойти только тогда, когда интенсивность стока тепла сравнивается или становится меньше интенсивности тепловыделения в зоне химической реакции в приповерхностном слое.

Вынужденное воспламенение отличается от спонтанного, как правило, значительно меньшим временем индукции (длительностью с момента теплового воздействия до момента воспламенения) и значительно меньшими величинами внешних тепловых потоков, при которых достигается воспламенение образца.

В табл. 2.1 в качестве примера приведены характерные температуры и тепловые потоки на поверхности образца древесины, подвергающегося воздействию лучистого теплового потока, при котором наблюдаются вынужденное воспламенение (зажигание) и самовоспламенение.

Еще более интересные результаты при измерении температуры на поверхности древесины в режиме зажигания и самовоспламенения получаются, когда внешний тепловой поток имеет различную природу (табл. 2.2).

Результаты, представленные в табл. 2.2, объясняются тем, что вынужденный конвективный поток не только нагревает поверхность, но и снижает концентрацию летучих продуктов вблизи поверхности разложения. Следовательно, поверхность разложения должна иметь более высокую температуру, чтобы обеспечить необходимое выделение горючих летучих продуктов в единицу времени, позволяющих достичь критической концентрации, воспламеняющейся при наличии источника зажигания. При воздействии же лучистого теп-

Таблица 2.1. Условия воспламенения и самовоспламенения древесины

Критический лучистый тепловой поток*, кВт/м ²		Критическая температура поверхности, °С	
Зажигание	Самовоспламенение	Зажигание	Самовоспламенение
12	28	350	600

* Данные получены при вертикальной ориентации образца.

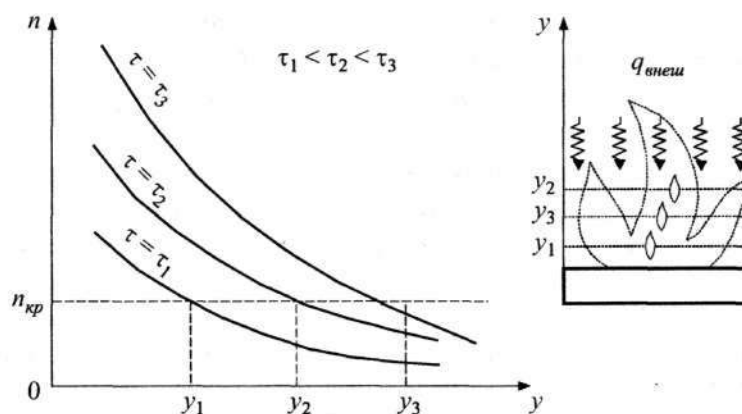
Таблица 2.2. Условия воспламенения и самовоспламенения древесины при различных формах теплообмена

Форма теплообмена	Критическая температура поверхности, °С	
	Самовоспламенение	Зажигание
Лучистый тепловой поток	600	350
Конвективный тепловой поток	490	450

лового потока в режиме самовоспламенения поверхность материала должна быть нагрета гораздо сильнее, чем при воздействии нагретого конвективного потока, по той причине, что в первом случае образующиеся летучие продукты смешиваются с холодным воздухом, что требует для достижения температуры самовоспламенения образующейся горючей газопаровоздушной смеси гораздо более сильного нагрева поверхности разложения. Во втором случае при конвективном нагреве воздух уже обладает высокой температурой и летучие продукты при этом практически не охлаждаются.

Степень и скорость нагрева поверхности материала, предшествующие моменту его воспламенения, зависят от теплофизических свойств материала: теплопроводности, скрытой теплоты плавления или испарения (газификации), теплоемкости примесных добавок, присутствующих в полимерных материалах, скорости подвода энергии к образцу от внешнего теплового источника и т.д. Необходимо отметить, что *время вынужденного воспламенения зависит не только от физико-химических и теплофизических свойств материала, ориентации экспонируемой поверхности, но и от мощности источника зажигания и его пространственного расположения вблизи экспонируемой поверхности образца*. Последняя особенность обусловлена тем, что момент воспламенения определяется также характером температурных и концентрационных градиентов, формирующихся вблизи поверхности воспламеняющегося материала (рис. 2.2).

Например, как видно из рис. 2.2, в случае вынужденного воспламенения образца с горизонтально ориентированной экспонируемой поверхностью мы мо-



▲ Рис. 2.2. Концентрационные градиенты вблизи поверхности материала в различное время с начала термического воздействия

жем воспламенить материал при различном времени с начала термического воздействия, изменяя местоположение источника зажигания по отношению к экспонируемой (подвергающейся тепловому воздействию) поверхности материала, где в области пространства на данный момент времени достигается критическая концентрация летучих продуктов термического разложения, смесь которых с кислородом воздуха способна распространять пламя.

Еще более сложная картина концентрационных полей летучих продуктов термического разложения вблизи экспонируемой поверхности материала наблюдается при его вертикальной ориентации, в особенности если разлагающийся материал является термопластичным.

С точки зрения практических приложений весьма важно рассматривать не только время воспламенения, но и потребную для воспламенения энергию, пропорциональную величине внешнего теплового потока, воздействующего на поверхность материала, и времени теплового воздействия до момента воспламенения.

Важной характеристикой воспламеняемости твердого полимерного материала является температура начала термического разложения, величина которой для многих материалов весьма близка к так называемой температуре воспламенения. Время начала термического разложения связано с теплотой газификации твердого материала. Чем больше теплота газификации единицы поверхности материала определенной толщины и формы, тем больше требуемый период индукции.

ВОПРОСЫ:

- 1. Перечислите необходимые условия для воспламенения СМ.*
 - 2. Опишите механизмы воспламенения твердых СМ.*
 - 3. От чего зависит время воспламенения образца в режимах вынужденного и спонтанного воспламенения?*
 - 4. Почему воспламеняемость может зависеть от ориентации образца?*
 - 5. При какой ориентации образца в условиях лабораторных испытаний возможно наиболее надежно определить показатель воспламеняемости термопластичного материала? Объясните почему.*
 - 6. Где наиболее целесообразно располагать в условиях лабораторных испытаний источник зажигания при оценке воспламеняемости образца СМ, ориентированного вертикально. Обоснуйте свою точку зрения.*
-

2.3. Горение строительных материалов

Под горючестью СМ понимается способность материалов к самостоятельному горению, т.е. без воздействия внешнего теплового источника, или к вынужденному горению под действием внешнего теплового источника при концентрации кислорода не более 21%, т.е. в воздушной (кислород-азотной) среде.

Для СМ реализуются два режима горения: пламенное горение и тление. Режим тления, как правило, является постпламенным и характеризует догорание (остаточное горение) материалов или протекает в условиях недостатка поступающего к горящему материалу кислорода и тепла. Несмотря на то, что режим тления характеризуется значительно меньшей интенсивностью тепловыделения, он является не менее опасным, так как при определенных условиях может приводить к повторному возникновению пламенного горения материала.

Особенности горения твердых полимерных материалов достаточно подробно исследованы, и для интересующихся более детальным описанием этого процесса целесообразно порекомендовать обратиться к источникам, приведенным в списке рекомендуемой литературы.

Как правило, возникновению горения полимерных СМ предшествует эндотермическая стадия деструкции (газификации) образца с образованием горючих газов. После воспламенения образовавшейся смеси горючих летучих продуктов термического разложения с кислородом воздуха вблизи поверхности материала возникает пламенное горение или тление. Выделяющееся тепло частично уносится, в основном за счет конвективного и лучистого теплообмена в окружающую среду, а частично расходуется на термическую деструкцию (газификацию) новой порции горящего материала. Устойчивость и интенсификация горения определяются критическими условиями теплообмена вблизи поверхности горения. Математически условие устойчивости горения выражается следующим соотношением:

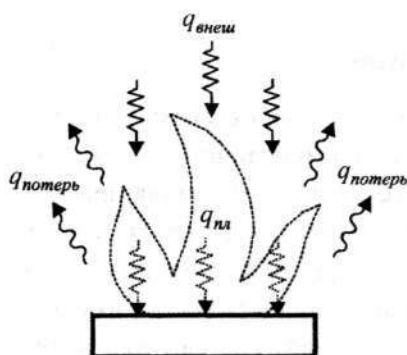
$$q_{\text{внеш}} + q_{\text{пл}} > q_{\text{потерь}}, \quad (2.1)$$

где $q_{\text{внеш}}$ — тепловой поток от внешних тепловых источников;

$q_{\text{пл}}$ — тепловой поток от пламени;

$q_{\text{потерь}}$ — тепловой поток, выделяющийся при горении материала в окружающее пространство (рис. 2.3).

Если вышеуказанное условие не выполняется, например в результате уменьшения или полного прекращения воздействия теплового потока на поверхность материала, то может произойти самозатухание (прекращение горения).



▲ *Рис. 2.3. Схема тепловых потоков, действующих на СМ в процессе горения*

Некоторые виды СМ могут поддерживать горение только при воздействии внешнего теплового потока.

Пониженная горючесть некоторых полимеров (например, политетрафторэтилена, поливинилхлорида, фенольных, карбамидоформальдегидных смол и др.) обусловлена либо обильным выделением при деструкции негорючих летучих продуктов в газовую фазу, либо ускоренным процессом коксования. При этом в твердой фазе протекают процессы отщепления, сшивания, циклизации и другие, способствующие

структурированию материала. Горючесть полимеров также снижается при наличии в них связей $C=O$, $O-N$, $P=O$, $S=O$, $C=N$, $Si-O$, $B=N$, $P=N$, энергия разрыва которых достаточно велика, что требует для газификации образца большого количества теплоты.

Необходимо отметить, что в большинстве случаев материалы с пониженной горючестью могут, в свою очередь, при их термическом разложении и горении приводить к увеличению действия других опасных факторов, например к повышенному выделению дыма и токсичных продуктов термического разложения (см. подробнее разделы 2.5 и 2.6).

Горение твердых полимерных материалов существенно зависит от количества и состава газовой фазы, образующейся при термическом разложении материала. Одновременно установлено, что существует несомненная связь между показателями горючести полимеров и их способностью к карбонизации (образованию угольного остатка) при термическом разложении.

На развитие горения полимерных СМ влияют ряд физических и химических процессов, в частности усадка, плавление и коксование, причем первые два явления могут как способствовать, так и препятствовать горению, коксование же обычно приводит к затуханию пламенного горения материала.

При усадке термоотверждающихся полимерных СМ происходит физическое изменение поверхности — появляются трещины и поры, обнажаются новые слои, что приводит к увеличению поверхности взаимодействия материала с активными частицами, образующимися в пламени. С другой стороны, усадка может привести к увеличению плотности упаковки макромолекул в поверхностных слоях, уменьшению объема образца по сравнению с первоначальным

и увеличению концентрации выделяющихся газов и дыма, в результате чего в некоторых случаях горение прекращается. При плавлении термопластичного полимерного СМ скорость горения материала может увеличиваться, однако если плавление сопровождается значительным отводом тепла, нагрев и деструкция материала уменьшаются, что, в свою очередь, также приводит к снижению горючести материала.

Горение СМ в условиях пожара представляет собой сложный, многостадийный процесс, который зависит не только от химического состава материала, его теплофизических свойств и характера огнезащитных добавок, но во многом определяется условиями возникновения и развития пожара (мощностью и характером источника зажигания, инициирующего процесс горения; аэродинамическими особенностями взаимодействия потоков окислителя и горючего; условиями тепло- и массообмена вблизи поверхности материала и т.д.). Большое влияние на горючесть твердых материалов может оказывать не только величина и природа внешнего теплового потока, но и условия аккумуляции (накопления) выделяющегося при горении тепла, что характерно для замкнутых объемов (помещений).

Так как понятие *горючесть* наиболее близко к понятию *тепловыделение*, то очевидно, что на горючесть СМ оказывает особое влияние такая пожарнотехническая характеристика, как *распространение пламени* (см. подробнее раздел 2.4). Способность СМ к распространению пламенного горения по поверхности будет определять скорость вовлечения в процесс горения новых “порций” материала (т.е. скорость поступления горючего в зону горения и увеличение зоны горения) и, соответственно, рост температуры среды и величину тепловых потоков, воздействующих на “свежие” участки поверхности материала.

Ограниченный объем различных зданий и сооружений, где, как правило, и происходит горение СМ, не только способствует аккумуляции выделяющегося тепла; их объемно-планировочные и конструктивные решения также определяют условия газо- и теплообмена, влияющие на характер проявления горючести материала. Как правило, температурный режим в помещениях обуславливается удельной пожарной нагрузкой (количеством СМ на единицу площади или объема), разветвленностью ее поверхности и характером распределения в помещении.

ВОПРОСЫ:

1. *Что такое горение?*
 2. *Что понимается под горючестью СМ?*
 3. *Перечислите необходимые условия для возникновения горения СМ. Сформулируйте условие устойчивости горения.*
 4. *Какие режимы горения реализуются для СМ? Чем они характеризуются?*
 5. *Какой, на ваш взгляд, режим горения и почему является более пожароопасным: пламенное горение или тление?*
 6. *Чем более опасны с точки зрения горючести термопластичные СМ?*
 7. *Какая пожарно-техническая характеристика, кроме горючести, обуславливает интенсификацию горения СМ?*
-

2.4. Распространение пламени по поверхности строительных материалов

Как уже было отмечено, для возникновения и развития горения необходим первоначальный тепловой импульс. Если тепловой импульс источника недостаточен для воспламенения расположенных близ него горючих веществ и материалов, то ущерб бывает незначительным и пожар не развивается. В противном случае возникает устойчивый очаг горения, имеющий тенденцию к развитию. Сначала фронт горения охватывает лишь малую площадь поверхности и температура во фронте горения намного превышает среднюю температуру газов, наполняющих помещение. Вследствие этого возникают интенсивные конвективные потоки нагретого газа, омывающие часть пока еще холодного потолка помещения и примыкающие к очагу горения участки стен, т.е. возникает конвективный механизм теплообмена очага пожара с ограждающими конструкциями. На этом этапе пожара данный механизм теплообмена является основным переносчиком тепловой энергии от очага пожара в окружающую среду, так как количество теплоты, передаваемое излучением, пропорционально пока еще небольшой площади фронта горения. Количество теплоты, передаваемое теплопроводностью, тоже невелико: газ плохой проводник тепла, а площадь и температура нагретых поверхностей, от которых тепло распространяется по материалам ограждающих конструкций и оборудования, в начальной стадии пожара еще незначительны.

Дальнейшее развитие пожара происходит путем постепенного распространения фронта пламени по конструкциям, материалам и оборудованию, находя-

щимся в помещении. Данный процесс определяет скорость вовлечения горючего в процесс горения, а также интенсификацию процесса горения.

Определяющую роль в интенсификации горения в начальной стадии играет именно скорость распространения пламени по поверхности, лимитируемая скоростью образования горючей смеси над поверхностью материала.

По сплошной поверхности горючего материала распространение пламени может происходить уже при сравнительно невысокой температуре окружающей среды. Скорость распространения пламени по поверхности материала в условиях естественной конвекции (при отсутствии принудительной вентиляции и ветровых потоков) определяется следующими основными факторами: высотой пламени, условиями теплообмена между кромкой пламени и поверхностью “свежего” горючего, теплотой газификации материала и ориентацией поверхности материала в пространстве.

Ввиду того, что скорость распространения пламени по поверхностям СМ определяется возможностью пламени переносить необходимое количество тепла, требующееся для разложения твердой поверхности и воспламенения образующейся горючей смеси перед пламенем, именно изучение закономерностей прогрева материалов в предпламенной зоне представляет наибольший теоретический и практический интерес при моделировании процесса распространения пламени.

Как уже было отмечено, в начальной стадии пожара после воспламенения локального участка поверхности СМ площадь горения охватывает лишь малый объем помещения и температура во фронте горения намного превышает среднюю температуру газов, наполняющих помещение. В развитой же стадии пожара большое влияние на процесс распространения пламени оказывают уже внешние тепловые потоки: теплообмен излучением между пламенем пожара, высоконагретыми продуктами сгорания и поверхностью СМ.

Скорость распространения пламени по поверхности зависит не только от характера развития пожара, а также является функцией еще ряда факторов: типа (химических и теплофизических свойств) и ориентации (вертикальная, горизонтальная или наклоненная) материала; наличия или отсутствия внешнего теплового потока; температуры внешнего окружения; скорости воздуха вблизи поверхности образца; толщины и ширины образца; состава атмосферы, в которой происходит горение; размера фронта пламени и т.д.

Различают механизмы распространения пламени по поверхности термически тонких и термически толстых материалов, а также по поверхностям горизонтально и вертикально ориентированных СМ.

Термически тонкие и термически толстые материалы

Деление на термически толстые и термически тонкие твердые материалы основывается на анализе толщины слоя материала, прогретого перед фронтом распространяющегося пламени.

Толщина термически тонкого материала меньше, чем возможная глубина его прогрева при распространении пламени, поэтому у термически тонкого материала при нагреве изменяется температура как обогреваемой, так и необогреваемой поверхности. Очевидно, что для таких материалов на процесс распространения пламени будет оказывать большое влияние механизм теплоотвода с необогреваемой поверхности, особенно для материалов, наклеиваемых на массивное негорючее основание (обои, пленки, декоративные покрытия, краски, гидроизоляционные материалы и т.д.), и особенно если негорючая подложка обладает коэффициентом теплопроводности большим, чем у горючего материала.

У термически толстых материалов температура необогреваемой поверхности не изменяется, так как толщина прогретого слоя меньше фактической толщины материала. Для таких материалов свойства материала подложки не оказывают влияния на процесс распространения пламени по поверхности.

Горизонтально ориентированные поверхности

При распространении пламени по горизонтальной поверхности, обращенной вниз, пламя примыкает непосредственно к поверхности материала и потери тепла за счет конвективного уноса горячих газов от поверхности горения минимальны. В этом случае для поддержания устойчивого горения будет требоваться гораздо меньший дополнительный внешний тепловой поток.

Распространение пламени по горизонтальной поверхности, обращенной вверх, в основном обусловлено лишь лучистым тепловым потоком от фронта пламени, что требует для поддержания горения дополнительных тепловых потоков. Исключение здесь составляет процесс распространения пламени по подвесному потолку, когда образующиеся высоконагретые продукты горения непосредственно воздействуют на обращенную вниз поверхность, по которой распространяется фронт пламени.

Вертикально ориентированные поверхности

Распространение пламени по вертикально ориентированным материалам связано с особенностями взаимодействия конвективных потоков высоконагретых продуктов сгорания с поверхностью горючего материала в поле тяжести. Распространение пламени вверх характеризуется более высокой скоростью,

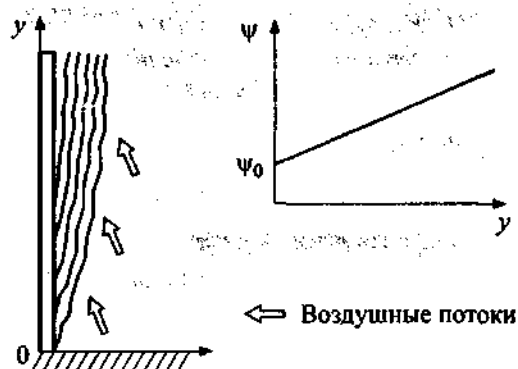
так как резко возрастает теплоотдача от зоны пламени к поверхности материала за счет конвекции. При вертикальной ориентации пламя стелется по поверхности горючего материала, вовлекая воздух со стороны поверхности горения, заполняет пограничный слой и обеспечивает конвективный нагрев по мере того, как поток горящих газов обтекает поверхность материала. Вертикальная поверхность горючего материала притягивает к себе пламя, толщина которого у основания стенки минимальна. В этом месте поток газов носит ламинарный характер, с высотой толщина пламени увеличивается и по мере смешения летучих продуктов термического разложения с восходящим факелом течение турбулизуются и на высоте порядка 0,5 м от места возникновения горения пламя носит уже турбулентный характер.

Скорость выгорания материала ψ является при этом не постоянной, а зависит от высоты (рис. 2.4).

Для термопластичных вертикально ориентированных материалов при горении наблюдается образование горящего расплава, который скапливается на поверхности пола у основания стены. Совместное влияние пламен, развивающихся на горизонтальной и вертикальной поверхностях, не только сказывается на процессе развития горения самой вертикальной поверхности, но и неизбежно приводит к интенсификации процесса горения.

Такой вариант развития горения является довольно опасным, особенно в помещениях зданий, в связи с чем разрабатываются специальные методы испытаний СМ (см. подробнее главу 4), позволяющие прогнозировать потенциальную опасность отделочных и облицовочных стеновых СМ.

Распространение пламени вниз, по вертикальным СМ, характеризуется значительно меньшей интенсивностью развития, и скорость распространения сравнима со скоростью распространения по горизонтальной поверхности, обращенной вверх. Распространение пламени в этих случаях обуславливается, в основном, за счет воздействия на материал лучистого теплового потока от фронта пламени и за счет кондуктивного теплообмена, а высоконагретые продукты сгорания



▲ Рис. 2.4. Зависимость скорости выгорания ψ вертикально ориентированного материала от высоты y

уже не участвуют в процессе теплообмена с поверхностью “свежего” горячего, так как немедленно удаляются в том и другом случаях под действием подъемной силы из зоны фронта распространения пламени.

Учитывая закономерности развития реальных пожаров, можно предположить, что в начальной стадии вовлечение в процесс горения в первую очередь будет наблюдаться для отделочных материалов стен, находящихся в непосредственной близости от очага загорания и подвергающихся воздействию интенсивных конвективных потоков нагретых газов, а распространение пламени по напольным покрытиям будет лимитироваться в большей части лучистым излучением, в том числе и от высоконагретых продуктов сгорания, скапливающихся под потолком. Необходимо заметить, что хотя лучистый теплообмен и становится преобладающим в развитой стадии пожара, во всех стадиях его развития нельзя исключать влияние на распространение пламени аэродинамических потоков, обусловленных как естественной, так и вынужденной конвекцией.

ВОПРОСЫ:

- 1. В чем принципиальное различие в механизме распространения пламени по поверхности термически толстых и термически тонких материалов?*
- 2. Почему скорость распространения пламени по вертикальным поверхностям в несколько раз превышает скорость распространения пламени по горизонтальным поверхностям?*
- 3. От каких параметров зависит скорость распространения пламени по поверхностям твердых СТ?*
- 4. Какие, по вашему мнению, СТ по отношению к распространению пламени по вертикали более опасны — термопластичные или термоотверждающиеся? Обоснуйте свою точку зрения.*
- 5. Объясните увеличение скорости распространения пламени по горизонтально ориентированным материалам при увеличении площади горения.*

2.5. Образование токсичных продуктов при горении строительных материалов

В последнее время происходит резкое расширение номенклатуры производимых СМ с различным химическим составом. В продуктах термоокислительного разложения и горения таких материалов могут присутствовать оксид углерода CO , хлористый водород HCl , сероводород H_2S , окислы азота N_2O , синильная кислота HCN и другие высокотоксичные химические соединения.

Образование летучих токсичных продуктов сгорания СМ в условиях пожара связано со многими факторами, но основными из них можно считать природу термически разлагающегося материала (химический состав и физико-химическую структуру), величину и природу тепловых потоков, воздействующих на материал, и условия газообмена. Токсичные летучие продукты образуются в результате термической деструкции СМ, а также химических реакций, протекающих в газовой фазе между продуктами термического разложения и окислителем, которым в условиях пожара чаще всего оказывается кислород воздуха. Внешние тепловые потоки влияют здесь не только на скорость образования токсичных продуктов термического разложения материала, но также и на их количественный и качественный состав, так как общеизвестно, что химическая кинетика очень чувствительна к изменению температуры исходных реагентов.

Немаловажным является также количественное содержание кислорода в зоне образования летучих продуктов термического разложения, особенно при наличии больших тепловых потоков. Именно режим термоокислительного разложения (термической деструкции материала в окислительной среде при отсутствии пламенного горения) в условиях пониженной концентрации кислорода может оказаться наиболее благоприятным для образования высокотоксичных продуктов сгорания. Образующиеся при этом летучие токсичные вещества обладают большой энергией и при отсутствии достаточного количества окислителя способны сохранять свою высокую реакционную способность длительное время. При попадании через дыхательный тракт в человеческий организм они, по причине высокой реакционной способности, легко участвуют в различных биохимических реакциях, последствия которых могут проявиться в различного рода осложнениях и органических поражениях. Таким образом, токсическая пожарная опасность СМ также не является абсолютной характеристикой материала, а зависит от совокупности различных внешних факторов, основными из которых являются тепловой режим и содержание кислорода в зоне химической реакции. При этом необходимо отметить, что пониженное содержание кислорода не только влияет на процесс окисления, но и само по себе

является “токсичной” средой для живого организма и оказывает существенное влияние на тяжесть и исход интоксикации.

При воздействии на организм продуктов горения при повышенной температуре и пониженной концентрации кислорода могут наблюдаться различные клинические проявления, отражающие прежде всего состояние кислородной недостаточности тканей и органов. Высокая температура повышает чувствительность организма к токсическому воздействию по причине нарушения процессов терморегуляции. Учащение дыхания и сердечных сокращений, увеличение минутного объема дыхания приводят к ускорению абсорбции газо- и парообразных веществ через дыхательные пути и большому поступлению их в кровь.

Многочисленные экспериментальные данные и результаты судебно-медицинской экспертизы свидетельствуют о ведущей роли оксида углерода в токсическом действии продуктов горения полимерных материалов. Следует, однако, отметить, что количественный выход CO определяется не только природой материалов (композиционным составом, плотностью, термостойкостью и другими свойствами), но и в значительной степени условиями горения. Выделению CO также способствуют медленное горение и недостаток кислорода в зоне реакции.

Реакция образования комплексов кислорода и оксида углерода с гемоглобином (Hb) является обратимой:



Ассоциация (соединение) CO с гемоглобином происходит в 10 раз медленнее, чем с O₂, но диссоциация карбоксигемоглобина HbCO идет значительно медленнее, чем оксигемоглобина HbO₂ (по некоторым данным — в 3600 раз). Это обуславливает быстрое накопление HbCO даже при небольшом содержании CO в воздухе. Концентрации CO, обуславливающие гибель человека за время от 60 до 180 с, находятся в пределах 0,2–1% об. (2300–11500 мг/м³).

Кроме оксида углерода в продуктах горения материала могут присутствовать и другие соединения, переводящие гемоглобин крови в неактивное состояние и нарушающие тем самым доставку кислорода из легких в ткани.

При одновременном поступлении в организм большого числа химических соединений, содержащихся в продуктах горения полимерных материалов, наблюдаются неоднозначные эффекты комбинированного воздействия. К их числу относятся суммирование (аддитивность), потенцирование (синергизм) и антагонизм.

Суммирование, или аддитивность действия ядов, — наиболее распространенный токсический эффект. Оно означает, что конечный результат одновременного действия нескольких ядов будет равен сумме эффектов каждого из них.

Потенцирование, или синергизм, — более чем аддитивное действие ядов. Оно характеризуется тем, что конечный результат больше арифметической суммы отдельных эффектов.

Антагонизм — это снижение эффекта совместного действия ядов по сравнению с предполагаемой суммой отдельных эффектов.

ВОПРОСЫ:

1. *От чего зависит токсическая опасность продуктов сгорания различных типов СМ?*
 2. *Какие внешние факторы оказывают наибольшее влияние на образование токсичных соединений при горении СМ?*
 3. *Назовите основной токсикант, выделяющийся при термоокислительном разложении и горении СМ, опишите механизм его токсического воздействия на живой организм.*
 4. *Перечислите эффекты комбинированного воздействия токсичных химических веществ.*
 5. *Почему высокая температура и пониженное содержание кислорода усиливают токсический эффект?*
-

2.6. Дымообразование при горении строительных материалов

Дым — это совокупность газообразных продуктов горения органических материалов, в которых рассеяны небольшие твердые и жидкие частицы размерами от 0,1 до 10 мкм.

Дым представляет собой сложную полидисперсную систему. Дисперсный состав дыма зависит в основном от условий его образования и вида горючего материала. Основными характеристиками дыма являются концентрация частиц аэрозоля, их форма и распределение частиц по размерам. Для дымов разных материалов функции распределения частиц по размерам будут различными и изменяющимися с течением времени.

Коагуляция всегда приводит к полидисперсности системы частиц, даже если предположить, что в исходном состоянии все частицы имеют одинаковый размер, причем вид распределения частиц по размерам изменяется во времени.

Характерные размеры частиц дыма по результатам различных исследований существенно разнятся, что подтверждает зависимость размеров частиц от условий дымообразования и вида материала. При этом система образующихся дымовых полидисперсных частиц может быть приближенно описана логарифмически-нормальным законом с помощью двух параметров: полного числа частиц в единице объема и наиболее вероятного диаметра.

Наряду с токсичными продуктами горения дым представляет наибольшую опасность для людей при пожарах в зданиях.

Появление дыма всегда сопровождается возникновением и развитием пожара. Дым уменьшает видимость; газообразные вещества и твердые частицы, содержащиеся в дыму, оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки дыхательных путей. Это затрудняет, а иногда делает невозможной эвакуацию людей из горящего здания.

Дым является не менее опасным фактором пожара, чем высокая температура и токсичные продукты горения. Задымление путей эвакуации в горящем здании приводит не только к потере ориентации и увеличению времени пребывания человека в зоне воздействия пожара. Плотный дым оказывает также сильное психологическое воздействие на людей.

Дым образуется в результате неполного сгорания (продуктами полного сгорания строительных материалов являются диоксид углерода и вода). Он генерируется как при тлении, так и при пламенном горении.

При тлении дым образуется в условиях нагрева углеродсодержащего материала до температур, при которых происходит химическое разложение и выделение летучих продуктов горения. Соединения с большой молекулярной массой конденсируются по мере их перемешивания с холодным воздухом, что приводит к образованию тумана, состоящего из мельчайших капель смолы, высококипящих жидкостей и конденсированной влаги. Образующийся дымовой аэрозоль есть динамическая система, в которой имеет место процесс так называемого *“старения дыма”*. Этот процесс включает в себя конденсацию газовых компонентов на поверхности частиц или, наоборот, отвод испаряющихся компонентов с поверхности, а также коагуляцию частиц. Коагуляция дыма связана с тем, что его частицы, будучи подвержены броуновскому движению, сталкиваются и слипаются друг с другом. В результате с течением времени общее количество частиц уменьшается, их средний размер увеличивается, в то время как полная масса и объем аэрозоля остаются неизменными.

По своему характеру дым при пламенном горении СТ отличается от дыма, образующегося при тлении. Он состоит почти целиком из твердых частиц. Не-

большая их часть образуется за счет уноса с поверхности твердого тела под воздействием потока горячих газов, обтекающих эту поверхность. Основная же часть частиц образуется в газовой фазе в результате неполного сгорания и высокотемпературных реакций пиролиза при недостатке кислорода. Конечными продуктами этих реакций выступают полициклические ароматические углеводородные соединения и полиацетилены, которые являются очагами сажеобразования внутри пламени. Присутствие сажи определяет желтоватое свечение пламени. Мельчайшие частицы сажи могут подвергаться окислению в зоне горения, но при недостаточно высоких температурах и недостатке кислорода они стремятся к увеличению и спеканию, образуя более крупные частицы, которые выходят из очага горения в виде дыма.

Важную роль в процессе дымообразования играет химический состав горящего материала. Горючие строительные материалы, в молекулах которых присутствуют атомы кислорода, например такие, как древесины и органическое стекло (полиметилметакрилат), при горении образуют существенно меньше дыма, чем углеводородные полимеры, такие как полиэтилен и полистирол. В свою очередь, при горении полистирола выделяется гораздо больше дыма, чем при горении полиэтилена, поскольку термическое разложение полистирола сопровождается образованием молекул с большей молекулярной массой. При пламенном горении ряда твердых горючих, таких как сухая древесина, поливинилхлорид, пенополистирол, пенополиуретан, а также жидких и газообразных углеводородов основным конденсированным компонентом дыма является свободный углерод в виде сажи.

ВОПРОСЫ:

1. В чем состоит основная пожарная опасность дыма?
 2. От чего зависит скорость задымления помещений в зданиях?
 3. Чем различается дым, образующийся при пламенном горении и при тлении?
 4. Что такое процесс "старения дыма"?
-

ГЛАВА 3

ПОКАЗАТЕЛИ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ПОЖАРНУЮ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

3.1. Показатели пожарной опасности твердых строительных материалов

Перечень показателей пожарной опасности твердых СТМ, которые необходимо определять при испытаниях в соответствии с их функциональным назначением, приведен в табл. 3.1.

Рассмотрим, в чем состоит физический смысл вышеприведенных пожарнотехнических характеристик.

В соответствии со схемой, представленной на рис. 1.1., твердые СТМ, отнесенные к горючим, характеризуются пятью показателями: группой горючести,

Таблица 3.1. Перечень показателей пожарной опасности для различных типов СТМ

Строительный материал	Показатель пожарной опасности				
	Группа горючести	Группа распространения пламени	Группа воспламеняемости	Коэффициент дымообразования	Показатель токсичности продуктов горения
Отделочный и облицовочный	+	-	+	+	+
Материал для покрытия полов	+	+	+	+	+
Ковровое покрытие полов	-	+	+	+	+
Кровельный	+	+	+	-	-
Гидро- и пароизоляционный толщиной более 0,2 см*	+	-	+	-	-
Теплоизоляционный	+	-	+	+	-

* При применении гидроизоляционных материалов для поверхностных слоев кровель показатели их пожарной опасности следует определять по графе "кровельный".

группой воспламеняемости, группой распространения пламени, группой дымообразующей способности и группой токсичности продуктов горения. Рассмотрим эти показатели.

Группа горючести

Под *горючестью* понимается способность СМ к горению. Горючесть зависит от химического состава материала и внешних условий: содержания кислорода в окружающей атмосфере, давления и температуры.

Для СМ горючесть определяют в воздухе нормального состава, содержащем 20,95% об. кислорода и находящемся при нормальном атмосферном давлении (101,3 кПа).

Горючими называются материалы, способные воспламениться от внешнего источника зажигания (или самовозгораться) и самостоятельно гореть после его удаления.

Группа горючести является классификационной характеристикой строительных материалов. Методы определения горючести СМ описаны в разделе 4.1.

Группа воспламеняемости

Воспламеняемость характеризует способность материала воспламениться под воздействием внешнего источника зажигания или в результате развития процесса самовоспламенения.

Группа воспламеняемости является классификационной характеристикой воспламеняемости СМ.

Методика экспериментального определения группы воспламеняемости описана в разделе 4.2.

Группа распространения пламени

Возможность распространения пламени по поверхности после воспламенения материала зависит от свойств материала (теплоты сгорания, скорости тепловыделения при горении), состава продуктов термического разложения, внешних условий (теплоотдачи из зоны горения, мощности теплового потока, действующего на материал), ориентации поверхности по отношению к горизонтальной линии. Наиболее благоприятным для распространения пламени является направление снизу вверх по вертикальной поверхности.

С учетом перечисленных обстоятельств разработан стандартный метод экспериментального определения *группы распространения пламени по горизонтальной поверхности*, описание которого приведено в разделе 4.3.

Группа токсичности продуктов горения

Группа токсичности продуктов горения определяется на основе величины показателя токсичности продуктов сгорания, который характеризует опасность воздействия продуктов, образующихся при горении СМ, на организм человека.

Метод экспериментального определения показателя токсичности продуктов горения принципиально отличается от методик других стран использованием в экспериментах биологических объектов — белых мышей. В европейских странах и США о токсичности продуктов горения судят, основываясь на результатах анализа химического состава среды, образующейся при горении материалов.

Отечественный метод экспериментального определения группы токсичности продуктов горения приведен в разделе 4.4.

Группа дымообразующей способности

Группа дымообразующей способности определяется на основе величины коэффициента дымообразования, являющегося количественной характеристикой выделения дыма при горении СМ в одном из двух режимов: тления и пламенного горения.

Метод экспериментального определения группы дымообразующей способности приведен в разделе 4.5.

Скорость тепловыделения при горении

Скорость тепловыделения при горении — количество тепла, выделяющееся при сгорании единицы массы материала в единицу времени.

Этот параметр не является в нашей стране классификационным, но его используют в расчетах температурного режима пожара, времени наступления опасных факторов пожара и блокирования путей эвакуации.

Экспериментальные принципы определения скорости тепловыделения и суммарного тепловыделения приведены в разделе 4.6.

Кислородный индекс

Кислородный индекс — минимальная концентрация кислорода (% об.) в кислород-азотной смеси, при которой материал способен воспламениться и гореть.

Этот параметр не является классификационным при оценке пожарной опасности СМ, но его используют при отработке их рецептур, направленных на снижение горючести и воспламеняемости.

Отечественный метод экспериментального определения кислородного индекса приведен в разделе 4.7.

3.2. Показатели пожарной опасности красок, лаков и битумов

Температура вспышки

Вспышка — быстрое сгорание горючей смеси, не сопровождающееся образованием сжатых газов.

Температура вспышки — самая низкая температура горючего вещества, при которой в условиях специальных испытаний над его поверхностью образуются пары или газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для возникновения устойчивого горения.

Значения температуры вспышки применяют при классификации жидкостей по степени пожароопасности, при определении категории помещений по степени взрывоопасной и пожарной опасности, классов взрыво- и пожароопасных зон, при разработке мероприятий по обеспечению пожарной и взрывобезопасности.

Метод экспериментального определения температуры вспышки изложен в разделе 4.8.

Температура воспламенения

Температура воспламенения — наименьшая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний вещество выделяет горючие пары или газы с такой скоростью, что после их зажигания возникает устойчивое пламенное горение.

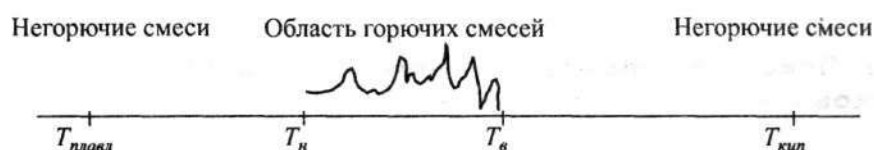
Значение температуры воспламенения применяют при установлении группы горючести жидкостей, при оценке пожарной опасности оборудования и технологических процессов, связанных с переработкой горючих веществ, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Метод экспериментального определения температуры воспламенения приведен в разделе 4.8.

Температурные пределы воспламенения (пределы распространения пламени)

Различают нижний и верхний температурные пределы воспламенения.

Нижний температурный предел воспламенения — минимальная температура жидкости, при которой над ее поверхностью создается концентрация насыщенных паров, способная к воспламенению и распространению пламени.



▲ **Рис. 3.1.** Температурные пределы воспламенения: T_n , T_v — нижний и верхний температурный предел воспламенения соответственно; $T_{\text{плавл}}$ — температура плавления; $T_{\text{кип}}$ — температура кипения

Величина нижнего предела воспламенения характеризует минимальное содержание паров горючей жидкости в воздухе, при котором возможно горение.

Верхний температурный предел воспламенения — максимальная температура жидкости, при которой над ее поверхностью создается концентрация паров, способная к самовоспламенению и распространению пламени. Величина верхнего предела воспламенения характеризует максимальное содержание паров горючей жидкости в воздухе, при котором еще возможно горение. Увеличение содержания горючих паров в воздухе приводит к нехватке кислорода для поддержания горения.

Температурные пределы иллюстрируются схемой, приведенной на рис. 3.1.

Понятие *температурные пределы воспламенения* применимо только к закрытым емкостям, внутри которых возможно образование насыщенных паров жидкостей. В открытых емкостях и при разливах жидкостей на открытом пространстве состояние равновесия между температурой жидкости и концентрацией ее насыщенных паров не достигается.

Значения температурных пределов воспламенения применяют при разработке пожаробезопасных режимов работы технологического оборудования.

Экспериментальный метод определения температурных пределов воспламенения изложен в разделе 4.9.

Температура самовоспламенения

Температура самовоспламенения — самая низкая температура вещества, при которой в условиях специальных испытаний происходит резкое увеличение скорости экзотермических реакций, заканчивающихся пламенным горением.

Значение температуры самовоспламенения применяют при определении группы взрывоопасной смеси для выбора типа взрывозащищенного электрооборудования, при разработке мероприятий по обеспечению пожаровзрывобезопасности технологических процессов.

Метод экспериментального определения температуры самовоспламенения изложен в разделе 4.10.

ГЛАВА 4

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

4.1. Горючесть

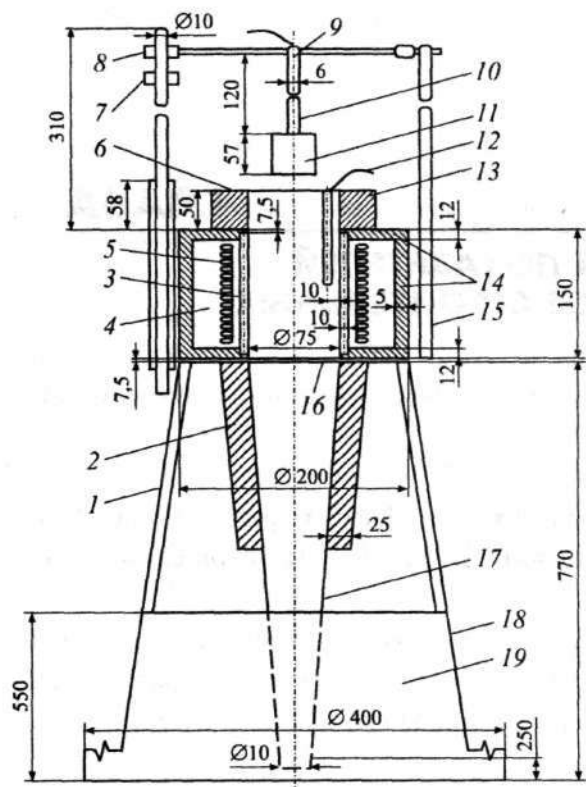
Для определения группы негорючих СМ в России принят метод I ГОСТ 30244–94, идентичный международному методу ISO 1182 (*Non-Combustibility Furnace Test*).

Метод применяют для определения негорючести однородных строительных материалов. Для слоистых материалов метод может использоваться в качестве оценочного. В этом случае испытания проводят для каждого слоя, составляющего материал.

Примечание. Однородными материалами считаются материалы, состоящие из одного вещества или равномерно распределенной смеси различных веществ (например, древесина, пенопласты, полистиролбетон, древесно-стружечные плиты), слоистыми — изготовленные из двух и более слоев однородных материалов (например, гипсокартонные листы, бумажно-слоистые пластики, однородные материалы с огнезащитной обработкой).

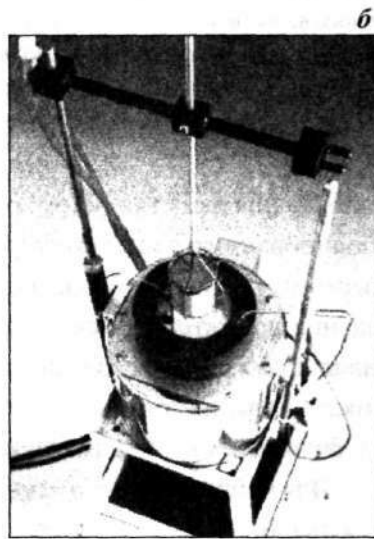
Установка для испытаний (см. рис. 4.1–4.2) состоит из печи, помещенной в теплоизолированную среду; конусообразного стабилизатора воздушного потока; защитного экрана, обеспечивающего тягу; держателя образца и устройства для введения держателя в печь; станины, на которой монтируется печь. Печь представляет собой трубу из огнеупорного материала, на поверхности которой расположен никель-хромовый электронагревательный элемент. Нижнюю часть трубчатой печи соединяют с конусообразным стабилизатором воздушного потока. Для наблюдения за пламенным горением образца над печью устанавливают зеркало.

Для измерения температуры используют хромель-алюмелевые термопары (ХА) номинальным диаметром электродов 0,3 мм. Термопары должны иметь



◀ **Рис. 4.1.** Схема испытательной установки по методу ГОСТ 30244-94:

- 1 — станина; 2, 13 — изоляция;
- 3 — огнеупорная труба;
- 4 — порошок окиси магния;
- 5 — обмотка; 6 — заслонка;
- 7 — стальной стержень;
- 8 — ограничитель;
- 9 — термомпары образца;
- 10 — нержавеющая стальная трубка;
- 11 — держатель образца;
- 12 — печная термопара;
- 14 — изоляционный материал;
- 15 — труба из асбестоцемента или аналогичного материала;
- 16 — уплотнение;
- 17 — стабилизатор потока воздуха;
- 18 — листовая сталь;
- 19 — защитное устройство от сквозняка



▲ **Рис. 4.2.** Испытательная установка по ГОСТ 30244-94 (I):
а — общий вид; б — вид сверху

защитный кожух из нержавеющей стали диаметром 1,5 мм, горячий спай термопары изолируется от защитного кожуха.

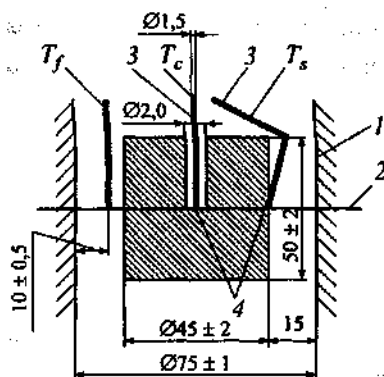
Печная термопара устанавливается так, чтобы ее горячий спай находился на середине высоты трубчатой печи на расстоянии $(10 \pm 0,5)$ мм от ее стенки. Термопара для измерения температуры в образце устанавливается так, чтобы ее горячий спай находился в геометрическом центре образца.

Термопара для измерения температуры на поверхности образца устанавливается так, чтобы ее горячий спай с самого начала испытания находился на середине высоты образца в плотном контакте с его поверхностью. При этом термопара устанавливается в положении, диаметрально противоположном печной термопаре (рис. 4.3).

Для каждого испытания изготавливают пять образцов цилиндрической формы следующих размеров: диаметр — 45 мм, высота — 50 мм. Если толщина материала составляет менее 50 мм, образцы изготавливают из соответствующего количества слоев, обеспечивающих необходимую толщину. Слои материала с целью предотвращения образования между ними воздушных зазоров плотно соединяют при помощи тонкой стальной проволоки максимальным диаметром 0,5 мм. В верхней части образца проделывается отверстие диаметром 2 мм для установки термопары в геометрическом центре образца.

Перед испытанием образцы кондиционируют в вентилируемом термошкафу при температуре $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 20–24 ч, после чего охлаждают в эксикаторе и взвешивают с точностью до 0,1 г.

Для проведения испытания нагревательный элемент печи подключается к источнику напряжения. Регулировкой напряжения устанавливается стабильный температурный режим в печи. Стабилизацию считают достигнутой при условии обеспечения средней температуры в печи, измеряемой печной термо-



◀ Рис 4.3. Взаимное расположение печи, образца и термопар:

T_f — печная термопара; T_c — термопара в центре образца; T_s — термопара на поверхности образца; 1 — стенка печи; 2 — середина высоты постоянной температурной зоны; 3 — термопара в защитном кожухе; 4 — контакт термопар с материалом

парой, в диапазоне 745–755°C по меньшей мере в течение 10 мин. При этом допустимое отклонение от границ указанного диапазона должно составлять не более 2°C за 10 мин.

После установки стабильного температурного режима в печи подготовленный образец помещается в держатель, устанавливаются термопары в центре и на поверхности образца, после чего держатель с образцом вводится в печь. Продолжительность испытания составляет, как правило, 30 мин. Испытание прекращают через 30 мин при условии достижения к этому времени температурного баланса. Температурный баланс считают достигнутым, если показания каждой из трех термопар изменяются не более чем на 2°C за 10 мин. При этом фиксируют конечные показания термопар в печи, в центре и на поверхности образца.

Если по истечении 30 мин температурный баланс не достигается хотя бы для одной из трех термопар, испытание продолжают, проверяя наличие температурного баланса с интервалом 5 мин. При достижении температурного баланса для всех трех термопар испытание прекращают и фиксируют его продолжительность.

После достижения температурного баланса для всех трех термопар держатель образца извлекают из печи, образец охлаждают в эксикаторе и взвешивают. Осыпавшиеся с образца во время или после испытания остатки (продукты карбонизации, зола и т.п.) собирают, взвешивают и включают в массу образца после испытания.

При испытании фиксируют все наблюдения, касающиеся поведения образца, и регистрируют следующие показатели:

- массу образца до испытания m_n , г;
- массу образца после испытания m_k , г;
- начальную температуру печи $T_{n,n}$, °C;
- максимальную температуру печи $T_{n,m}$, °C;
- конечную температуру печи $T_{n,k}$, °C;
- максимальную температуру в центре образца $T_{ц,m}$, °C;
- конечную температуру в центре образца $T_{ц,k}$, °C;
- максимальную температуру поверхности образца $T_{п.о.м}$, °C;
- конечную температуру поверхности образца $T_{п.о.к}$, °C;
- продолжительность устойчивого пламенного горения образца t_z , с.

Рассчитывают для каждого образца прирост температуры в печи, в центре и на поверхности образца:

а) прирост температуры в печи

$$T_{n.l} = T_{n.m} - T_{n.k};$$

б) прирост температуры в центре образца

$$T_{ц.о} = T_{ц.м} - T_{ц.к};$$

в) прирост температуры на поверхности образца

$$T_{n.o} = T_{n.o.m} - T_{n.o.k}.$$

Рассчитывают средние арифметические величины (по пяти образцам) прироста температуры в печи, в центре и на поверхности образца, а также продолжительности устойчивого пламенного горения. Вычисляют потерю массы для каждого образца (в процентах от его начальной массы) и определяют среднюю арифметическую величину для пяти образцов.

Строительные материалы относят к негорючим (НГ) при следующих значениях параметров горючести:

- прирост температуры в печи не более 50°C;
- потеря массы образца не более 50%;
- продолжительность устойчивого пламенного горения не более 10 с.

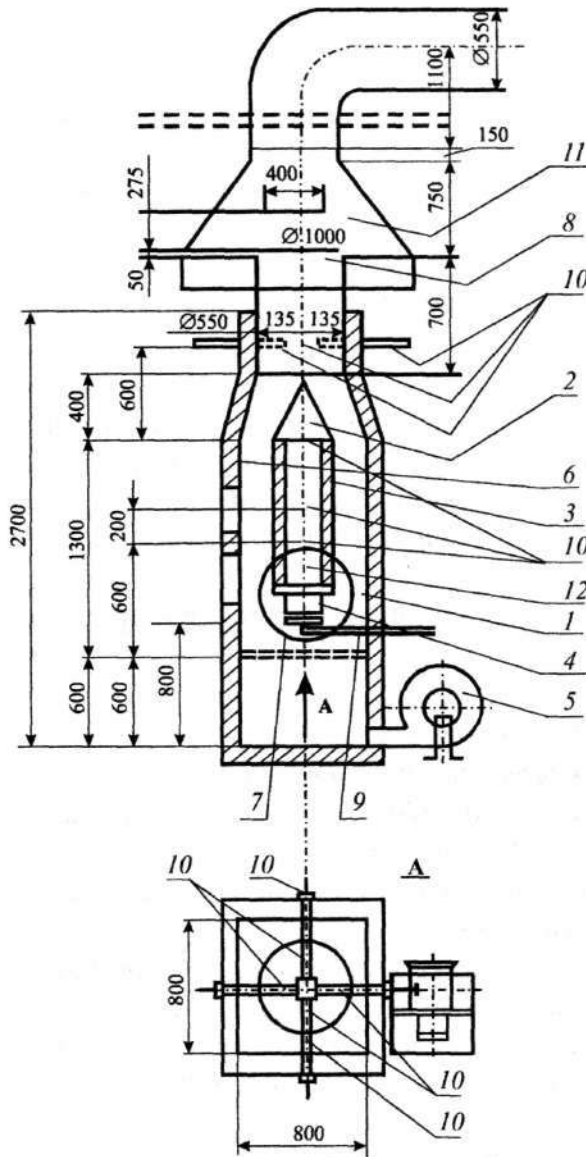
Строительные материалы, не удовлетворяющие хотя бы одному из указанных значений параметров, относятся к горючим.

Как правило, к группе негорючих относятся СМ, имеющие в своем составе не более 4,5–5,0% масс. органических веществ.

Оценка горючести твердых СМ, не относящихся к группе негорючих (НГ), в отечественной методологии проводится по методу II ГОСТ 30244–94. Указанный метод применяют для всех однородных и слоистых горючих строительных материалов, в том числе используемых в качестве отделочных и облицовочных, а также лакокрасочных покрытий.

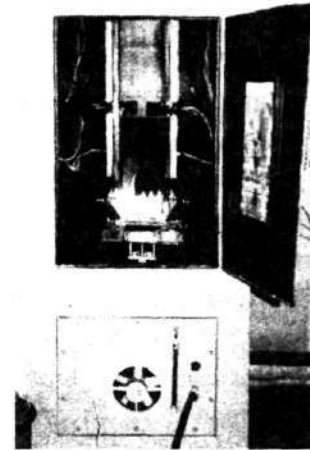
Установка для испытания состоит из камеры сжигания, системы подачи воздуха в камеру сжигания, газоотводной трубы, вентиляционной системы для удаления продуктов сгорания (рис. 4.4 и 4.5). Для обеспечения стабильности температурного режима испытаний стальные стенки камеры сжигания теплоизолируются минераловатными плитами.

В камере сжигания устанавливают держатель образцов, источник зажигания и диафрагму. Передняя стенка камеры сжигания оборудуется дверцей с остекленными проемами для наблюдения за поведением образца во время ис-



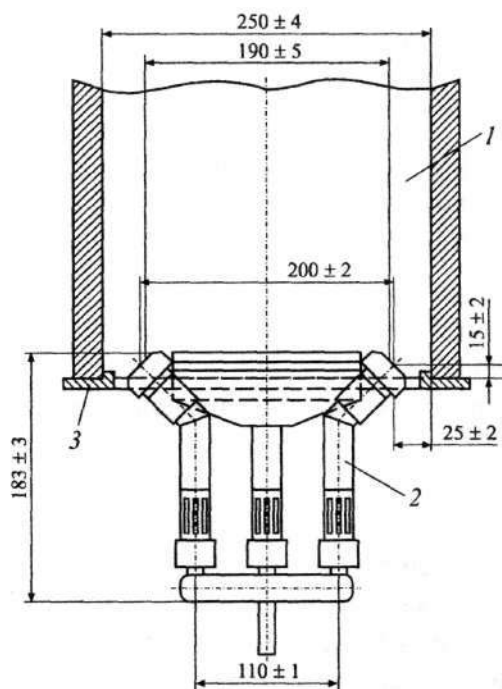
◀ **Рис. 4.4.** Схема испытательной установки "шахтная печь" по ГОСТ 30244-94 (метод II):

- 1 — камера сжигания;
- 2 — держатель образца;
- 3 — образец;
- 4 — газовая горелка;
- 5 — вентилятор подачи воздуха;
- 6 — дверца камеры сжигания;
- 7 — диафрагма;
- 8 — вентиляционная труба;
- 9 — газопровод;
- 10 — термопары;
- 11 — вытяжной зонт;
- 12 — смотровое окно



▲ **Рис. 4.5.** Общий вид испытательной установки "шахтная печь" по ГОСТ 30244-94 (метод II)

питания. Держатель образца состоит из четырех прямоугольных рам, расположенных по периметру источника зажигания для обеспечения стабильности положения каждого из четырех образцов относительно источника зажигания до конца испытания. Источником зажигания является газовая горелка, состоящая из четырех отдельных сегментов. Смешение газа с воздухом осуществляется с помощью отверстий, расположенных на газоподводящих трубах при входе в



▲ **Рис. 4.6.** Газовая горелка:
1 — образец; 2 — горелка; 3 — основание
держателя (опора для образца)

сегмент. Расположение сегментов горелки относительно образца и ее принципиальная схема показаны на рис. 4.6.

Система подачи воздуха состоит из вентилятора, ротаметра и диафрагмы и обеспечивает поступление в нижнюю часть камеры сгорания равномерно распределенного по ее сечению потока воздуха в количестве $(10,0 \pm 1,0) \text{ м}^3/\text{мин}$ температурой не менее $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Вентиляционная система для удаления продуктов сгорания состоит из зонта, устанавливаемого над газоотводной трубой, воздуховода и вентиляционного насоса.

В газоотводной трубе располагают четыре термпары для измерения температуры отходящих газов (см. рис. 4.4). Для определения тем-

пературы при испытании используют термпары диаметром не более 1,5 мм и соответствующие регистрирующие приборы.

Для каждого испытания изготавливают 12 образцов длиной 1000 мм, шириной 190 мм. Толщина образцов должна соответствовать толщине материала, применяемого в реальных условиях. Если толщина материала составляет более 70 мм, толщина образцов должна быть 70 мм.

Образцы для стандартного испытания материалов, применяемых только в качестве отделочных и облицовочных, а также лакокрасочных покрытий изготавливают в сочетании с негорючей основой, в качестве которой используются асбестоцементные листы толщиной 10 мм. Способ крепления должен обеспечивать плотный контакт поверхностей материала и основы. Толщина лакокрасочных покрытий должна соответствовать принятой в технической документации, но иметь не менее четырех слоев.

Для материалов, применяемых как самостоятельно (например, для конструкций), так и в качестве отделочных и облицовочных, образцы для испытаний изготавливаются в двух комплектах: в сочетании с негорючей основой и без та-

ковой. В этом случае испытания должны быть проведены отдельно для материала и для варианта использования его в качестве отделки и облицовок с определением групп горючести для всех случаев.

Для несимметричных слоистых материалов с различными поверхностями также изготавливают два комплекта образцов с целью экспонирования обеих поверхностей. При этом группу горючести материала устанавливают по худшему результату.

Для каждого материала следует проводить три испытания, каждое которых заключается в одновременном испытании четырех образцов материала.

Перед проведением испытания образцы взвешиваются, помещаются в держатель и вводятся в камеру сжигания. Включаются измерительные приборы, подача воздуха, вытяжная вентиляция и источник зажигания. Дверца камеры сжигания закрывается.

Продолжительность воздействия на образец пламени от источника зажигания при расходе газа, установленном при калибровке, должна составлять 10 мин. В процессе проведения испытания регистрируют температуру дымовых газов не менее двух раз в минуту по показаниям всех четырех термопар, установленных в газоотводной трубе, и фиксируют продолжительность самостоятельного горения образцов (при наличии пламени или признаков тления).

По истечении 10 мин источник зажигания выключается. При наличии пламени или признаков тления фиксируют продолжительность самостоятельного горения (тления). Испытание считают законченным после остывания образцов до температуры окружающей среды.

При испытании фиксируют следующие наблюдения:

- время достижения максимальной температуры дымовых газов;
- переброс пламени на торцы и необогреваемую поверхность образцов;
- сквозное прогорание образцов;
- образование горящего расплава;
- внешний вид образцов после испытания: осаждение сажи, изменение цвета, оплавление, спекание, усадка, вспучивание, коробление, образование трещин и т.п.;
- время до распространения пламени по всей длине образца;
- продолжительность горения по всей длине образца.

После окончания испытания образцы извлекаются из камеры сжигания и взвешиваются.

Для каждого испытания (комплекта из четырех образцов) определяют следующие показатели:

- максимальную температуру дымовых газов T_i (принимают равной среднему арифметическому значению одновременно регистрируемых максимальных температурных показаний всех четырех термопар, установленных в газоотводной трубе);
- длину повреждения образца (неповрежденной считают ту часть образца, которая не сгорела и не обуглилась ни на поверхности, ни внутри. Осаждение сажи, изменение цвета образца, местные сколы, спекание, оплавление, вспучивание, усадка, коробление, изменение шероховатости поверхности не считают повреждениями. Длина повреждения образцов при испытании определяется как средняя арифметическая величина из длин повреждения каждого из четырех испытанных образцов);
- массу образца до и после испытания (взвешивают неповрежденную часть образцов, оставшуюся на держателе; точность взвешивания должна составлять не менее 1% от начальной массы образца. Повреждение по массе определяется средней арифметической величиной этого повреждения для четырех испытанных образцов);
- продолжительность самостоятельного горения и(или) тления.

При обработке результатов трех испытаний рассчитывают следующие параметры горючести СМ:

- максимальную температуру дымовых газов;
- продолжительность самостоятельного горения;
- степень повреждения по длине;
- степень повреждения по массе.

Температуру дымовых газов T ($^{\circ}\text{C}$) и продолжительность самостоятельного горения $t_{c,z}$ (с) определяют как среднее арифметическое значение результатов трех испытаний.

Степень повреждения по длине S_L (%) определяют процентным отношением длины повреждения образцов к их номинальной длине и рассчитывают как среднее арифметическое значение этого отношения из результатов каждого испытания.

Степень повреждения по массе S_m (%) определяют процентным отношением массы поврежденной части образцов к начальной (по результатам одного испытания) и рассчитывают как среднее арифметическое значение этого отношения из результатов каждого испытания.

Полученные результаты округляют до целых чисел.

Таблица 4.1. Группы горючести

Группа горючести материалов	Параметр			
	$T, ^\circ\text{C}$	$S_L, \%$	$S_m, \%$	t_{cz}, c
Г1	≤ 135	≤ 65	≤ 20	0
Г2	≤ 235	≤ 85	≤ 50	≤ 30
Г3	≤ 450	> 85	≤ 50	≤ 300
Г4	> 450	> 85	> 50	> 300

Примечание. Для материалов групп горючести Г1–Г3 не допускается образование горящих капель расплава при испытании.

Горючие строительные материалы в зависимости от значений параметров горючести, определяемых по методу II ГОСТ 30244–94, подразделяют на четыре группы горючести — Г1, Г2, Г3, Г4 — в соответствии с табл. 4.1. Материалы следует относить к определенной группе горючести при условии соответствия значений всех параметров, установленных табл. 4.1 для этой группы.

Опыт работы, накопленный по стандартному методу ГОСТ 30244–94 (II), показывает, что в испытательной установке реализуется хорошая аккумуляция тепла, способствующая самостоятельному горению образцов за счет взаимооблучения их при горении, что позволяет получать надежные сведения о горючести СМ.

Экспериментальный принцип, заложенный в данной методике, — исследование возможности воспламенения горючих материалов при огневом воздействии и дальнейшего распространения горения за пределы зоны локального огневого нагрева по поверхности образца высотой 1000 мм в условиях конвективного теплообмена (нагрева горячими газами). Развитие процесса горения определяется тепловым балансом реагирующей системы, а распространение горения обеспечивается, если количество тепла, выделившегося при горении, больше суммарного, затрачиваемого на термическое разложение материала и теряемого системой в окружающее пространство.

Как уже отмечалось, доминирующую роль при горении большинства СМ играет процесс газификации конденсированной фазы, который в свою очередь зависит от условий создания прогретого слоя. Важное значение при этом имеет также толщина материала. В зависимости от соотношения толщины материала и глубины прогретого слоя различают два случая — горение термически толстых и термически тонких СМ. Первый случай характерен для условий, при которых толщина материала много больше прогретого слоя, а второй — когда глу-

бина прогретого слоя сравнима с толщиной материала. Ценность данной методики заключается в том, что ввиду принятого в ней одностороннего огневого воздействия предусмотрена возможность проявления вышеуказанных теплофизических свойств, а также связанных с этим особенностей горения, особенно для термически тонких материалов, наклеиваемых на негорючее основание.

Метод II ГОСТ 30244–94 удовлетворительно описывает способность СМ воспламениться от достаточно мощного локального теплового источника и распространить фронт горения по вертикально ориентированной поверхности под действием конвективного теплового потока, увеличивающегося совместно с интенсификацией процесса горения. Принцип работы испытательной установки, характер воспламенения и горения, в особенности возможность взаимного переоблучения образцов, а также способ крепления образцов (в сочетании с негорючей основой и без таковой) соответствуют реальным условиям, проявляющимся в начальной стадии возникновения пожара в различных помещениях, и, очевидно, адекватно описывают происходящие в данной стадии процессы горения.

ВОПРОСЫ:

1. *Может ли СМ с полимерной добавкой относиться к группе негорючих (НГ) материалов и чем, по-вашему, определяется граница перехода материала из группы НГ в группу горючих (Г1)?*
2. *Означает ли, что СМ, классифицированный по результатам испытаний как слабогорючий (Г1), будет проявлять себя таковым на всех без исключения разновидностях пожаров? Объясните почему.*
3. *К какой группе горючести относится СМ со следующими параметрами (см. табл. 4.1): температура дымовых газов — 125 °С, степень повреждения по длине — 75%, степень повреждения по массе — 40%, продолжительность самостоятельного горения — 250 с?*

4.2. Воспламеняемость

Для определения группы воспламеняемости СМ в отечественной методологии принят метод ГОСТ 30402–96, идентичный международному методу ISO 5657.

Сущность метода состоит в определении параметров воспламеняемости материала при заданных стандартом уровнях воздействия на поверхность образца лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания.

Параметрами воспламеняемости материала являются, во-первых, критическая поверхностная плотность теплового потока (КППТП), под которой в данном методе подразумевается минимальное значение указанной плотности, при котором возникает устойчивое пламенное горение, во-вторых, время воспламенения. Для классификации материалов по группам воспламеняемости используют КППТП.

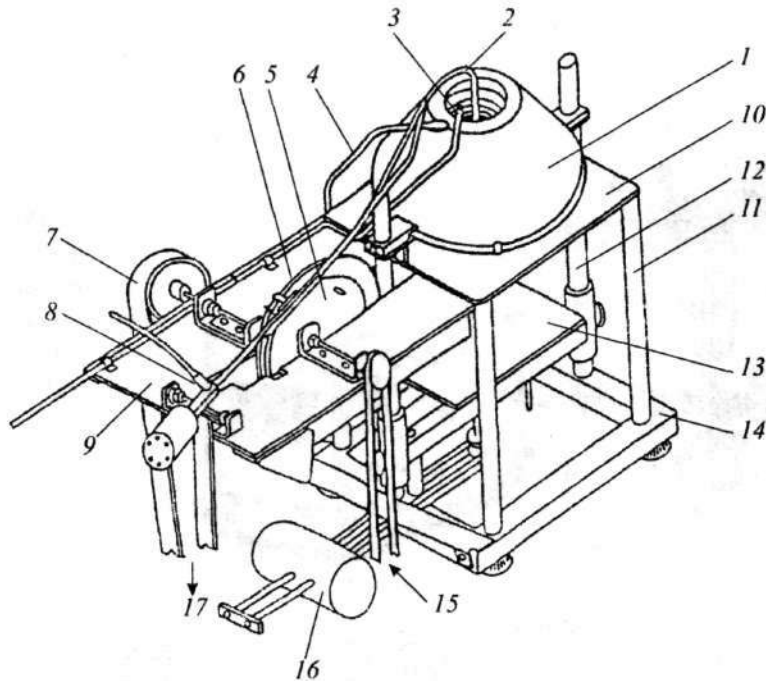
Испытательная установка (рис. 4.7 и 4.8) состоит из следующих основных частей:

- опорная станина;
- подвижная платформа;
- источник лучистого теплового потока (радиационная панель);
- система зажигания (вспомогательная стационарная горелка, подвижная горелка с механизированной и ручной системами перемещения).

Установка оборудуется защитным экраном и вытяжным зонтом (рис. 4.9). В вытяжном зонте устанавливают отражатель воздушного потока, обеспечивающий в зазорах скорость воздуха от 2 до 3 м/с при расходе воздуха от 0,25 до 0,35 м³/с.

Радиационная панель в форме усеченного конуса обеспечивает заданные стандартом уровни воздействия лучистого теплового потока (от 10 до 50 кВт/м²) на экспонируемой поверхности образца. Экспонируемой поверхностью считается поверхность образца, подвергающаяся воздействию лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания при испытании на воспламеняемость. При этом равномерность распределения теплового потока по экспонируемой поверхности образца обеспечивает отклонение поверхностной плотности теплового потока (ППТП) в любых четырех диаметрально противоположных точках окружности диаметром 100 мм от величины того же параметра в центре экспонируемой поверхности не более $\pm 5\%$.

Расходы горючего газа (пропана или пропан-бутановой смеси) и воздуха, формирующих факел пламени газовой горелки, должны лежать в пределах 19–20 мл/мин для горючего газа и 160–180 мл/мин для воздуха.

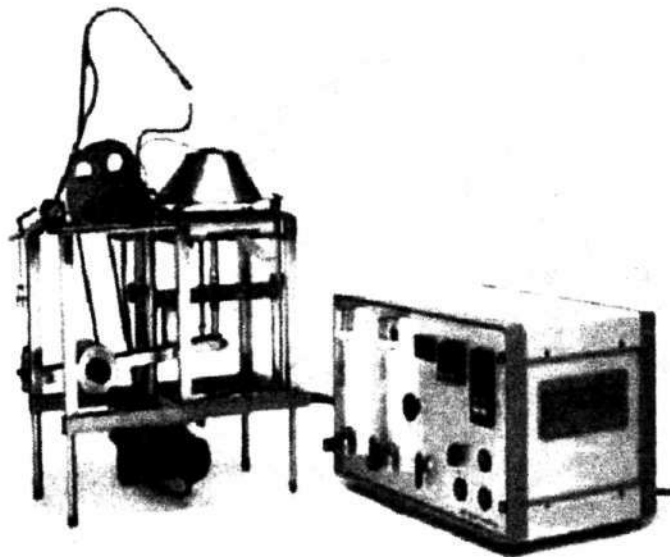


▲ **Рис. 4.7.** Схема установки для испытаний на воспламеняемость по ГОСТ 30402-96:

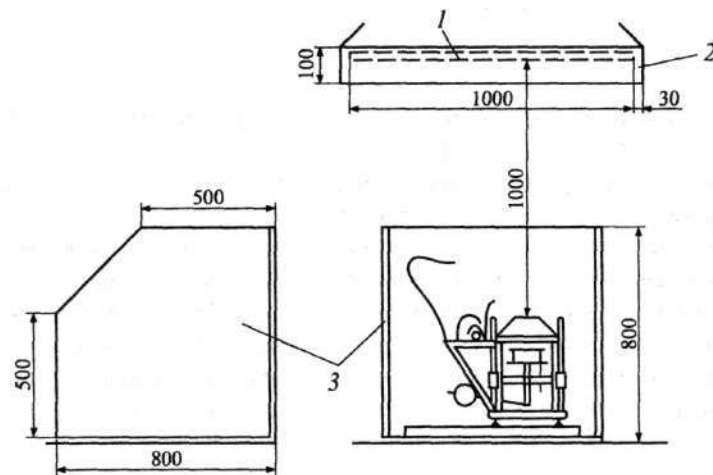
1 — радиационная панель с нагревательным элементом; 2 — подвижная горелка; 3 — вспомогательная стационарная горелка; 4 — силовой кабель нагревательного элемента; 5 — кулачок с ограничителем хода для ручного управления подвижной горелкой; 6 — кулачок для автоматического управления подвижной горелкой; 7 — приводной ремень; 8 — втулка для подсоединения подвижной горелки к системе подачи топлива; 9 — монтажная плита для систем зажигания и перемещения подвижной горелки; 10 — защитная плита; 11 — вертикальная опора; 12 — вертикальная направляющая; 13 — подвижная платформа для образца; 14 — основание опорной станины; 15 — ручное управление; 16 — рычаг с противовесом; 17 — привод к электродвигателю

Для испытаний изготавливают 15 образцов, имеющих форму квадрата со стороной 165 мм и отклонением (+0, -5) мм. Толщина образцов должна составлять не более 70 мм. Для каждой величины ППТП испытания проводят на трех образцах.

При изготовлении образцов экспонируемая поверхность (поверхность образца, подвергающаяся воздействию лучистого теплового потока и пламени от источника зажигания при испытании) не должна подвергаться обработке, но при наличии на ней гофров, рельефа, тиснения и т.п., размер выступов (впадин) которых составляет более 5 мм, допускается для проведения испытаний изго-



◀ **Рис. 4.8.**
Общий вид
испытательной
установки
по ГОСТ 30402–96
(ISO 5657)



▲ **Рис. 4.9.** Вытяжной зонт и защитный экран установки для испытаний на воспламеняемость:

1 — отражатель; 2 — зазор (по всем кромкам отражателя); 3 — защитные экраны

тавливать образцы из материала с плоской поверхностью, т.е. без гофров, рельефа, тиснения и т.п.

Образцы для стандартного испытания материалов, применяемых только в качестве отделочных и облицовочных, а также лакокрасочных покрытий и кровельных материалов изготавливают в сочетании с негорючей основой. Способ

крепления должен обеспечивать плотный контакт поверхностей материала и основы. В качестве негорючей основы следует использовать асбестоцементные листы толщиной 10 мм.

В тех случаях, когда в конкретной технической документации не обеспечиваются условия для стандартного испытания, образцы изготавливают с основой и креплением, указанными в технической документации.

Лакокрасочные покрытия, а также кровельные мастики следует наносить на основу не менее чем в четыре слоя, при этом расход материала для каждого слоя должен соответствовать принятому в технической документации.

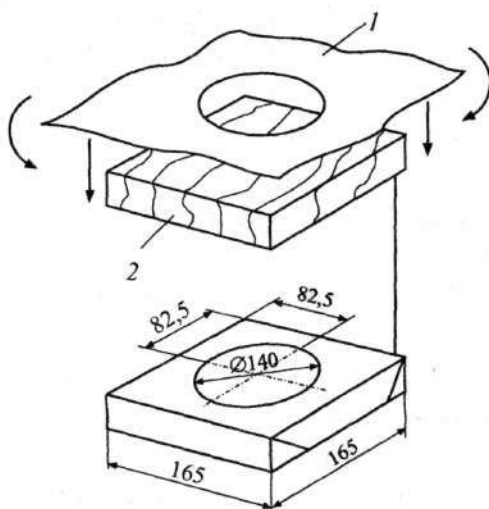
Для материалов, применяемых как самостоятельно (например, для конструкций), так и в качестве отделочных и облицовочных, должны быть изготовлены два комплекта образцов — с негорючей основой и без таковой. В этом случае испытания проводят отдельно для материала и отдельно с применением его в качестве отделок и облицовок.

Для слоистых материалов с различными поверхностными слоями изготавливают два комплекта образцов с целью экспонирования обеих поверхностей. При этом группу воспламеняемости материала устанавливают по худшему результату.

Перед испытанием образцы кондиционируют до достижения постоянной массы при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(50 \pm 5)\%$. Постоянство массы считают достигнутым, если при двух последовательных взвешиваниях с интервалом в 24 ч отличие в массе образца составляет не более 0,1% от его исходной массы.

Непосредственно перед проведением испытания кондиционированный образец материала оборачивают листом алюминиевой фольги (номинальная толщина — 0,2 мм), в центре которого вырезано отверстие диаметром 140 мм. При этом центр отверстия в фольге должен совпадать с центром экспонируемой поверхности образца (рис. 4.10).

Образец для испытания помещают в держатель, устанавливают его



▲ Рис. 4.10. Подготовка образца к испытанию:

1 — алюминиевая фольга; 2 — образец

на подвижную платформу и производят регулировку противовеса. После этого держатель с образцом для испытания заменяют держателем с образцом-имитатором. Устанавливают подвижную горелку в исходное положение, определяют необходимые расходы газа и воздуха, подаваемых в подвижную горелку. Включают электропитание и по регулируемому термоэлектрическому преобразователю задают установленную при калибровке величину термоЭДС, соответствующую ППТП 30 кВт/м^2 . После достижения заданной величины термоЭДС установку выдерживают в этом режиме не менее 5 мин.

Помещают экранирующую пластину на защитную плиту, заменяют образец-имитатор на образец для испытания, включают механизм подвижной горелки, удаляют экранирующую пластину и включают регистратор времени. Время проведения этих операций должно составлять не более 15 с.

По истечении 15 мин или при воспламенении образца испытание прекращают. Для этого помещают экранирующую пластину на защитную плиту, останавливают регистратор времени и механизм подвижной горелки, удаляют держатель с образцом и помещают на подвижную платформу образец-имитатор, убирают экранирующую пластину.

Если при испытании было зафиксировано воспламенение (устойчивое пламенное горение, продолжающееся до очередного воздействия на образец пламени от источника зажигания), то устанавливают величину ППТП 20 кВт/м^2 , если нет — 40 кВт/м^2 . Если при ППТП 20 кВт/м^2 зафиксировано воспламенение, уменьшают ее величину до 10 кВт/м^2 (если при ППТП 10 кВт/м^2 зафиксировано воспламенение, то следующее испытание проводят при значении плотности 5 кВт/м^2). Если при ППТП 40 кВт/м^2 воспламенение отсутствует, устанавливают эту величину, равной 50 кВт/м^2 .

После определения двух величин ППТП, при одной из которых наблюдается воспламенение, а при другой — отсутствует, задают ППТП на 5 кВт/м^2 больше того значения, при котором воспламенение отсутствует, и повторяют испытание на трех образцах.

В зависимости от результатов испытаний величину ППТП увеличивают (при отсутствии воспламенения) или уменьшают (при наличии воспламенения) на 5 кВт/м^2 и повторяют процедуру испытания на двух образцах.

Для каждого испытанного образца фиксируют время воспламенения (интервал от начала испытания до возникновения устойчивого пламенного горения) и следующие дополнительные наблюдения: время и место воспламенения; процесс разрушения образца под действием теплового излучения и пла-

мени; плавление, вспучивание, расслоение, растрескивание, набухание либо усадку.

Для материалов с высокой сжимаемостью (минераловатные плиты), а также плавящихся или размягчающихся в процессе нагревания, испытание следует проводить с учетом необходимости корректировки положения газовой горелки над поверхностью образца.

Для материалов, приобретающих при нагревании способность к прилипанию, либо образующих поверхностный обугленный слой с низкой механической прочностью, либо содержащих под экспонируемой поверхностью воздушный зазор, с целью предотвращения помех перемещению подвижной горелки или повреждения горелкой экспонируемой поверхности образца испытания следует проводить с использованием в приводном механизме стопора, устраняющего возможность контакта подвижной горелки с поверхностью образца.

Для материалов, образующих значительное количество дыма или продуктов разложения, гасящих пламя подвижной горелки и исключающих возможность повторного ее зажигания с помощью вспомогательной горелки, результат фиксируют в протоколе испытания с указанием отсутствия воспламенения вследствие систематического гашения пламени подвижной горелки продуктами разложения.

Горючие строительные материалы (по ГОСТ 30244–94) в зависимости от величины КППТП — минимального значения поверхностной плотности теплового потока, при котором за время не более 15 мин возникает устойчивое пламенное горение — подразделяют на три группы воспламеняемости: В1, В2 и В3 (табл. 4.2).

Таблица 4.2. Группы воспламеняемости СМ

Группа воспламеняемости	КППТП, кВт/м ²
В1	35 и более
В2	От 20 до 35
В3	Менее 20

4.3. Условия распространения пламени по поверхности

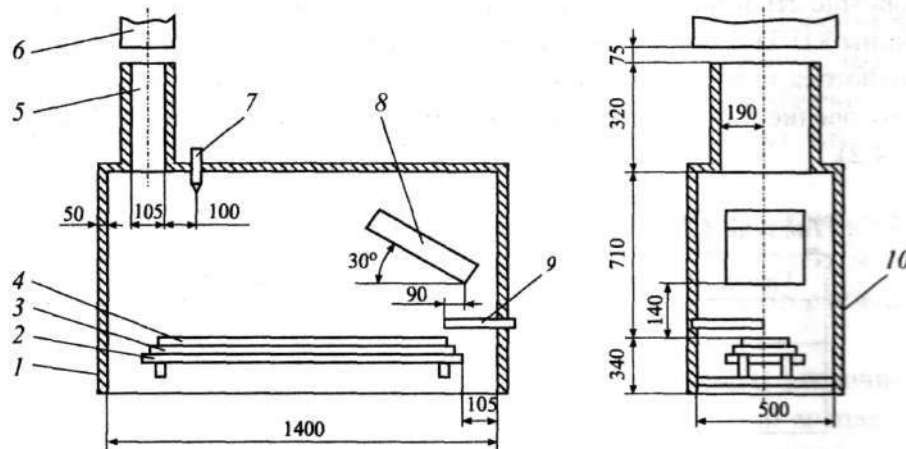
Для определения группы распространения пламени СМ в отечественной методологии принят метод ГОСТ Р 51032–97, идентичный международному методу ISO 9239–1.

Метод испытания по ГОСТ Р 51032–97 на распространение пламени по материалам поверхностных слоев конструкций полов представляет собой исследование способности материала распространять пламя по поверхности под действием внешнего лучистого теплового потока (ИК-излучения) после локального воспламенения участка поверхности от малокалорийного источника зажигания.

Сущность метода состоит в определении КППТП, величину которой устанавливают по длине распространения пламени по образцу в результате воздействия теплового потока на его поверхность.

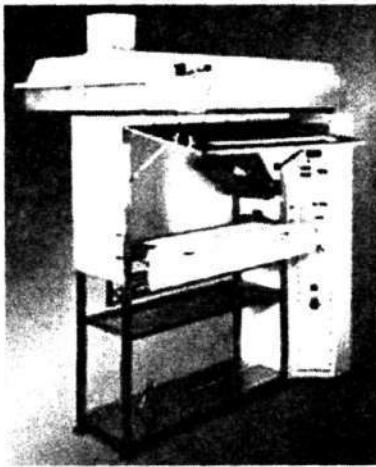
Установка для испытаний включает в себя следующие основные части (рис. 4.11 и 4.12):

- испытательную камеру с дымоходом и вытяжным зонтом;
- источник лучистого теплового потока (радиационную панель);
- источник зажигания (газовую горелку);
- держатель образца и устройство для введения держателя в испытательную камеру (платформу).



▲ Рис. 4.11. Схема установки для испытаний на распространение пламени по ГОСТ Р 51032–97 (размеры приведены в мм):

1 — испытательная камера; 2 — платформа; 3 — держатель образца; 4 — образец; 5 — дымоход; 6 — вытяжной зонт; 7 — термopара; 8 — радиационная панель; 9 — газовая горелка; 10 — дверца со смотровым окном

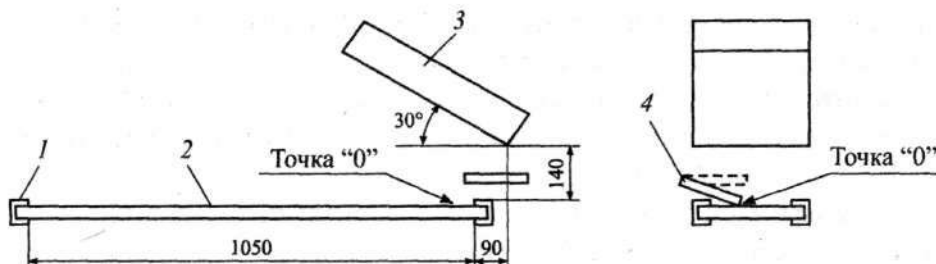


▲ Рис. 4.12. Общий вид испытательной установки по ГОСТ Р 51032-97

Установку оборудуют приборами для регистрации и измерения температуры в испытательной камере и дымоходе, ППТП, скорости потока воздуха в дымоходе. Испытательную камеру и дымоход изготавливают из листовой стали и облицовывают изнутри негорючим теплоизоляционным материалом толщиной не менее 10 мм. Переднюю стенку камеры оборудуют дверцей со смотровым окном. Размеры смотрового окна должны обеспечивать возможность наблюдения за всей поверхностью образца во время проведения испытания. Дымоход соединяется с камерой через проем. Над дымоходом устанавливают зонт вытяжной вентиляции. Радиационная панель (источник внешнего лучистого излучения, падающего на поверхность испытываемого образца) имеет следующие размеры: длина — 450 мм, ширина — 300 мм. Угол наклона радиационной панели к горизонтальной плоскости должен составлять 30° (рис. 4.13).

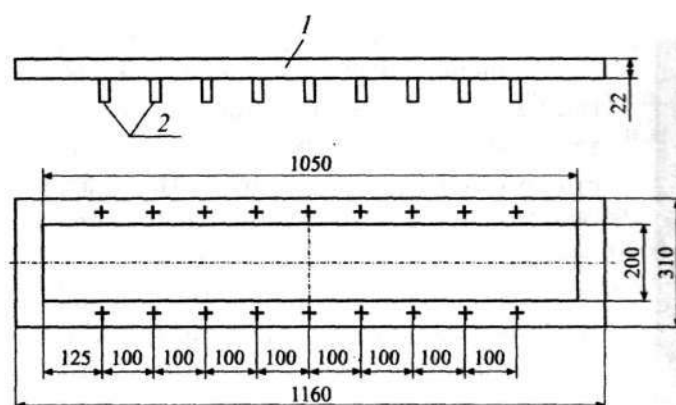
Источником зажигания является газовая горелка с диаметром выходного отверстия 1,0 мм, обеспечивающая формирование факела пламени длиной от 40 до 50 мм. При испытании пламя газовой горелки должно касаться поверхности испытываемого образца в точке "0" (см. рис. 4.13).

Держатель образца изготавливают из жаропрочной стали толщиной $(2,0 \pm 0,5)$ мм и оснащают приспособлениями для крепления образца (рис. 4.14).



▲ Рис. 4.13. Схема взаимного расположения радиационной панели, образца и газовой горелки:

1 — держатель; 2 — образец; 3 — радиационная панель; 4 — газовая горелка



◀ Рис. 4.14.
Держатель образца:
1 — держатель;
2 — крепежные
элементы

Для определения температуры в камере используют термоэлектрический преобразователь с диапазоном измерения от 0 до 600°C, ППТП — водоохлаждаемые приемники теплового излучения с диапазоном измерения от 1 до 15 кВт/м² и погрешностью не более 8%.

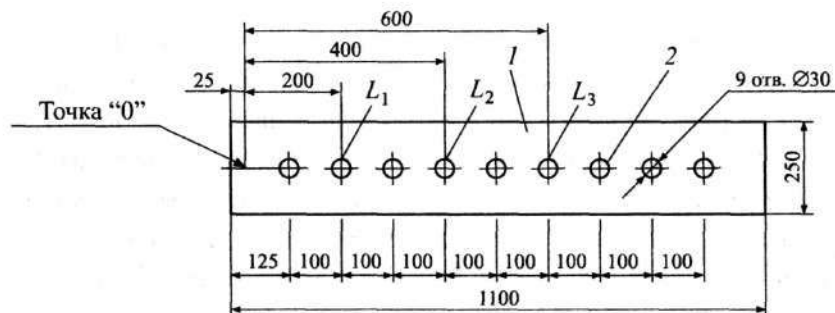
Для испытаний изготавливают 5 образцов материала размером 1100 × 250 мм. В случае анизотропных материалов необходимо 2 комплекта образцов (например, по утку и по основе).

Образцы изготавливают в сочетании с негорючей основой. Способ крепления материала к основе должен соответствовать используемому в реальных условиях. В качестве негорючей основы следует применять асбестоцементные листы толщиной 10 мм. Толщина образца вместе с негорючей основой должна составлять не более 60 мм. В тех случаях, когда техническая документация не предусматривает использование материала по негорючему основанию, образцы изготавливают с основой и креплением, соответствующими реальным условиям применения.

Кровельные мастики, а также мастичные покрытия пола наносятся на негорючую основу в соответствии с технической документацией, но не менее чем в четыре слоя, при этом расход материала при нанесении на основу каждого слоя должен соответствовать принятому в технической документации. Образцы полов, применяемых с лакокрасочными покрытиями, следует изготавливать с этими покрытиями, нанесенными в четыре слоя.

Перед испытанием образцы кондиционируют при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 5)\%$ не менее 72 ч, а установку подготавливают следующим образом.

При выключенной радиационной панели и газовой горелке помещают и жестко фиксируют в дымоходе анемометр так, чтобы его входное отверстие



▲ **Рис. 4.15.** Калибровочный образец:

1 — калибровочный образец; 2 — отверстия для измерителя теплового потока

располагалось по оси дымохода на расстоянии (70 ± 10) мм от верхнего края дымохода. Закрепляют калибровочный образец в держателе и устанавливают его на платформу, вводят платформу в камеру и закрывают дверцу. Измеряют скорость потока воздуха и, при необходимости, регулированием расхода воздуха в вентиляционной системе устанавливают эту скорость в пределах от 1,1 до 1,34 м/с, после чего анемометр удаляют из дымохода.

После получения требуемого расхода воздуха включают радиационную панель и прогревают камеру до достижения теплового баланса. Тепловой баланс считают достигнутым, если температура в камере, фиксируемая термоэлектрическим преобразователем, изменяется не более чем на 7°C в течение 10 мин.

После достижения теплового баланса в испытательной установке последовательно устанавливают в отверстия калибровочного образца в контрольные точки L_1 , L_2 и L_3 (рис. 4.15) приемник теплового излучения так, чтобы поверхность чувствительного элемента совпадала с верхней плоскостью калибровочного образца. После определения показаний приемника теплового излучения в каждой точке регистрируют полученную величину. При несоответствии измеренной величины ППТП требованиям, указанным в табл. 4.3, проводят повторную калибровку установки.

Таблица 4.3. ППТП на поверхности калибровочного образца в контрольных точках

Контрольная точка	ППТП, кВт/м ²
L_1	$9,1 \pm 0,8$
L_2	$5,0 \pm 0,4$
L_3	$2,4 \pm 0,2$

После проверки соответствия скорости расхода воздуха в дымоходе и величин тепловых потоков в контрольных точках открывают дверцу камеры, зажигают газовую горелку и располагают ее так, чтобы расстояние между факелом пламени и экспонируемой поверхностью составляло не менее 50 мм. Устанавливают образец в держатель, фиксируют его положение с помощью приспособлений для крепления, помещают держатель с образцом на платформу и вводят в камеру. Закрывают дверцу камеры и включают секундомер. После выдержки в течение 2 мин приводят пламя горелки в контакт с образцом в точке "0", расположенной по центральной оси образца. Оставляют факел пламени в этом положении на 10 мин. По истечении указанного времени возвращают горелку в исходное положение.

При отсутствии воспламенения образца в течение 10 мин испытание считают законченным. В случае воспламенения испытание завершают при прекращении пламенного горения или по истечении 30 мин от начала воздействия на образец газовой горелки путем принудительного гашения.

В процессе испытания фиксируют время воспламенения и продолжительность пламенного горения.

После окончания испытания открывают дверцу камеры, выдвигают платформу, извлекают образец.

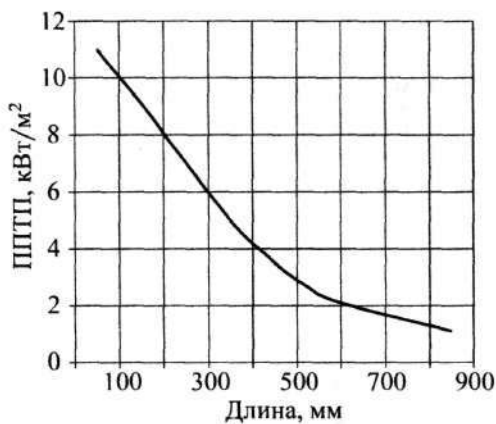
Испытание каждого последующего образца проводят после охлаждения держателя образца до комнатной температуры и проверки соответствия ППТП в точке L_2 требованиям, указанным в табл. 4.3.

Измеряют длину поврежденной части каждого из пяти образцов по его продольной оси с точностью до 1 мм. Повреждением считаются выгорание и обугливание материала образца в результате распространения пламенного горения по его поверхности. Оплавление, коробление, спекание, вспучивание, усадка, изменение цвета, формы, нарушение целостности образца (разрывы, сколы поверхности и т.п.) повреждениями не являются.

Длину распространения пламени определяют как среднее арифметическое значение по длине поврежденной части пяти образцов.

Величину КППТП устанавливают на основании результатов измерения длины распространения пламени по графику распределения ППТП по поверхности образца, полученному при калибровке установки (рис. 4.16).

При отсутствии воспламенения образцов или длине распространения пламени менее 100 мм следует считать, что КППТП материала составляет более 11 кВт/м^2 .



▲ **Рис. 4.16.** Характерное распределение поверхностной плотности теплового потока на продольной оси образца в испытательной установке по ГОСТ Р 51032–97

Таблица 4.4. Классификация СМ по группам распространения пламени в зависимости от КППТП

Группа распространения пламени	КППТП, кВт/м ²
РП1	11,0 и более
РП2	От 8,0, но менее 11,0
РП3	От 5,0, но менее 8,0
РП4	Менее 5,0

В случае принудительного гашения образца по истечении 30 мин испытания величину ППТП определяют по результатам измерения длины распространения пламени на момент гашения и условно принимают эту величину равной критической.

Для материалов с анизотропными свойствами при классификации используют наименьшую из полученных величин КППТП.

Горючие строительные материалы (по ГОСТ 30244–94) в зависимости от величины КППТП подразделяют на четыре группы распространения пламени — РП1, РП2, РП3, РП4 (табл. 4.4).

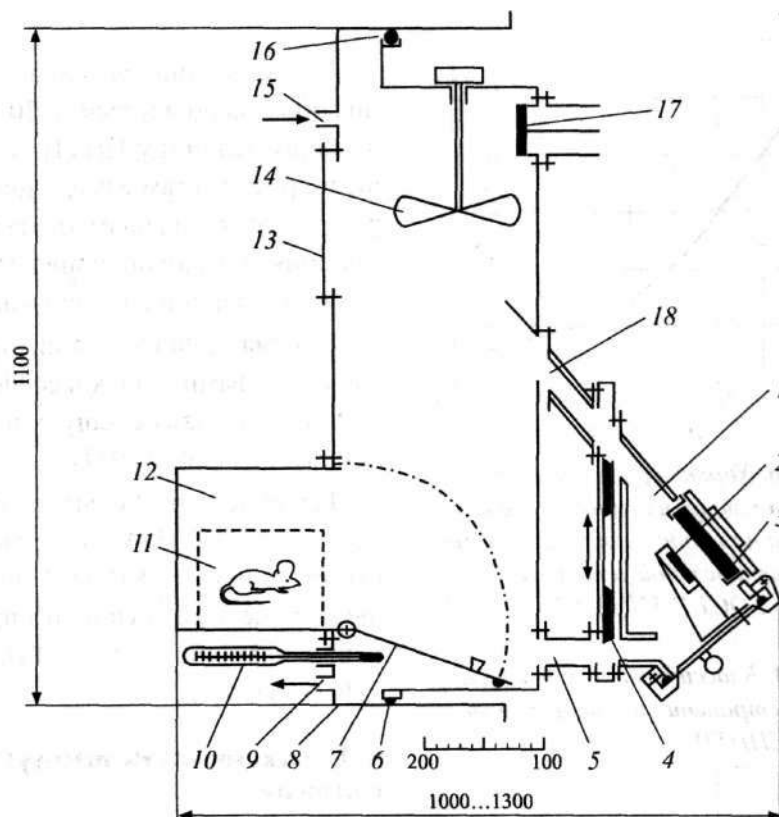
4.4. Токсичность продуктов горения

Для оценки степени токсичности газо- и парообразных продуктов, образующихся при сгорании СМ, используют показатель токсичности продуктов горения, характеризующий отношение количества материала к единице объема замкнутого про-

странства, в котором образующиеся при горении газообразные продукты вызывают гибель 50% подопытных животных.

Сущность метода экспериментального определения показателя токсичности по п. 4.20 ГОСТ 12.1.044–89 заключается в сжигании исследуемого материала в камере сгорания при заданной плотности теплового потока и выявлении зависимости летального эффекта газообразных продуктов горения от массы материала, отнесенной к единице объема экспозиционной камеры.

Установка для определения показателя токсичности включает в себя следующие элементы (рис. 4.17).



▲ **Рис. 4.17.** Установка для определения показателя токсичности:

1 — камера сгорания; 2 — держатель образца; 3 — электронагревательный излучатель; 4 — заслонки; 5, 18 — переходные рукава; 6 — стационарная секция экспозиционной камеры; 7 — дверца предкамеры; 8 — подвижная секция экспозиционной камеры; 9, 15 — штуцер; 10 — термометр; 11 — клетка для подопытных животных; 12 — предкамера; 13 — предохранительная мембрана; 14 — вентилятор; 16 — резиновая прокладка; 17 — клапан продувки

Камера сгорания вместимостью $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ выполнена из листовой нержавеющей стали толщиной 2,0 мм и соединена с экспозиционной камерой переходными рукавами. Внутренняя поверхность камеры сгорания теплоизолирована. В ней установлен электронагревательный излучатель размером $120 \times 120 \text{ мм}$ и держатель образца размером $120 \times 120 \times 25 \text{ мм}$.

Держатель образца выполнен в виде металлической рамки, в которой закреплен асбоцементный или асбосиликатовый поддон. Поддон имеет углубление для размещения вкладыша с образцом испытываемого материала. Нагреваемая поверхность образца и поверхность электронагревательного излучателя парал-

лельны, расстояние между ними составляет 60 мм. На боковой стенке камеры сгорания имеется окно из кварцевого стекла для наблюдения за образцом при испытаниях. На выходе из нее размещены заслонки верхнего и нижнего переходных рукавов. Внутренняя поверхность верхнего переходного рукава теплоизолирована.

Экспозиционная камера состоит из стационарной и подвижной секций. По периметру стационарной секции имеется паз для надувной резиновой прокладки, герметизирующей экспозиционную камеру во время проведения испытаний. В верхней части камеры находится вентилятор перемешивания. На боковой стенке установлен клапан продувки. На торцевой стенке подвижной секции закреплены предохранительная мембрана, предкамера, штуцеры для подключения газоанализаторов и термометр для измерения температуры. Перемещение подвижной секции позволяет изменять объем экспозиционной камеры от 0,1 до 0,2 м³.

Предкамера для размещения подопытных животных имеет объем 0,015 м³, оборудована наружной и внутренней дверцей и смотровым окном.

Для непрерывного контроля состава газовой среды в экспозиционной камере используют газоанализаторы оксида углерода, диоксида углерода и кислорода.

Для проведения испытаний готовят не менее 10 образцов материала размером 40 × 40 мм фактической толщины, но не более 10 мм. Образцы перед испытаниями кондиционируют в лабораторных условиях не менее 48 ч и затем взвешивают с погрешностью не более 0,1 г. Подготовленные для испытаний образцы должны характеризовать средние свойства исследуемого материала.

После кондиционирования проводятся предварительные испытания, при которых образцы каждого материала подвергают воздействию тепловых потоков различной плотности, обеспечивающих в каждом последующем опыте повышение температуры испытания на 50°С (табл. 4.5). При этом находят значение температуры испытания материала в режиме термоокислительного разложения (тления). Оно должно быть на 50°С ниже температуры, при которой наблюдается самовоспламенение образца.

Таблица 4.5. Взаимосвязь между плотностью теплового потока и температурой испытания

Q , кВт/м ²	10,0	13,5	18,0	23,0	28,0	32,5	38,0	44,0	52,5	65,0
$t_{исп}$, °С	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750

После предварительных проводят основные испытания. При основных испытаниях материалы исследуют в одном из двух режимов — термоокислительного разложения или пламенного горения, а именно в режиме, способствующем выделению более токсичных смесей летучих веществ. Режим пламенного горения обеспечивается при температуре испытания 750°C (плотность падающего теплового потока — 65 кВт/м^2).

Критерием выбора режима основных испытаний служит наибольшее число летальных исходов в сравниваемых группах подопытных животных.

После выбора наиболее токсичного режима находят ряд значений зависимости токсического действия продуктов горения от величины отношения массы образца к объему установки. Для получения токсических эффектов ниже и выше уровня 50% летальности изменяют объем экспозиционной камеры при постоянных размерах образцов материалов или размеры образцов при фиксированном объеме.

Затравку животных проводят статическим способом. В каждом опыте используют не менее 8 белых мышей массой (20 ± 2) г. Продолжительность экспозиции составляет 30 мин, при этом температура воздуха в предкамере за время экспозиции не должна превышать 30°C , а концентрация кислорода должна быть не менее 16% об.

Примечания:

- 1. При определении токсического эффекта учитывают гибель животных, наступившую во время экспозиции, а также в течение последующих 14 суток.*
- 2. В отдельных случаях по требованию заказчика при определении показателя токсичности допускается изменять время экспозиции в пределах 5–60 мин.*
- 3. Максимальные размеры образца должны быть не более 80×80 мм, а толщина — не более 20 мм.*

При проведении испытаний предусматривают следующий порядок.

Нагнетают воздух в надувную прокладку экспозиционной камеры, проверяют заземление установки, исправность приборов и оборудования, эффективность вентиляции. Заслонки переходных рукавов, клапан продувки и дверцу камеры сгорания переводят в положение “закрыто”. Взвешенный образец материала помещают, а при необходимости, закрепляют во вкладыше, имеющем комнатную температуру. Клетку с животными устанавливают в предкамере, наружную дверцу которой закрывают.

Включают нагреватель на напряжение, соответствующее выбранному режиму испытания. С момента выхода электронагревательного излучателя на стабилизированный режим открывают заслонки переходных рукавов и дверцу

камеры сгорания. Вкладыш с образцом без задержки помещают в держатель, после чего дверцу камеры сгорания быстро закрывают. Отмечают время начала экспозиции животных в токсической среде.

По достижении максимальных значений концентраций CO и CO₂ в экспозиционной камере заслонки переходных рукавов закрывают. Снимают напряжение с нагревательного элемента излучателя. Включают на 2 мин вентилятор перемешивания.

По истечении времени экспозиции животных открывают клапан продувки, заслонки переходных рукавов и наружную дверцу предкамеры. Установку вентилируют не менее 10 мин. Регистрируют число погибших и выживших животных.

Примечание. В случае определения показателя токсичности продуктов горения при кратковременной (5–20 мин) экспозиции затравку животных начинают с момента достижения максимальных значений концентраций CO и CO₂, но не позднее, чем через 15 мин после начала разложения образца.

В зависимости от состава материала при анализе продуктов горения определяют количественный выход оксида и диоксида углерода, цианистого водорода, оксидов азота, альдегидов и других веществ. Для оценки вклада оксида углерода в токсический эффект измеряют содержание карбоксигемоглобина в крови подопытных животных.

Полученный ряд значений зависимости летальности от относительной массы материала используют для расчета показателя токсичности $H_{CL_{50}}$ в г/м³. Вычисления проводят с помощью пробит-анализа или других способов расчета среднесмертельных доз и концентраций.

При необходимости определения классификационных параметров для других значений времени экспозиции их вычисляют по формуле:

$$H_{CL_{50}} = \frac{CL_{50}CO}{g_{CO}}, \quad (4.1)$$

где $CL_{50}CO$ — среднесмертельная концентрация оксида углерода, мг/м³, которую вычисляют по уравнению $CL_{50}CO = 4502 + 22292\tau^{-1}$ (τ — время экспозиции, мин);

g_{CO} — уровень выделения CO при сгорании условно “эталонных” материалов: для чрезвычайно опасных — больше 360 мг/г, высокоопасных — 120–360 мг/г, умеренноопасных — 40–120 мг/г, малоопасных — до 40 мг/г.

Таблица 4.6. Классификация СМ по группам токсичности продуктов горения

Класс опасности (группа токсичности)	$H_{CL_{50}}$, г/м ³ , при времени экспозиции, мин			
	5	15	30	60
Чрезвычайно опасные (Т4)	До 25	До 17	До 13	До 10
Высокоопасные (Т3)	25–70	17–50	13–40	10–30
Умеренноопасные (Т2)	70–210	50–150	40–120	30–90
Малоопасные (Т1)	Свыше 210	Свыше 150	Свыше 120	Свыше 90

Если значение $H_{CL_{50}}$, полученное в результате испытания материала, близко к граничному значению двух классов, то при определении степени опасности материала принимают во внимание режим испытания, время разложения образца, данные о составе продуктов горения, сведения о токсичности обнаруженных соединений.

При содержании карбоксигемоглобина в крови подопытных животных 50% и более считают, что токсический эффект продуктов горения обуславливается в основном действием оксида углерода.

Классификация материалов по показателю токсичности продуктов горения приведена в табл. 4.6.

ВОПРОСЫ:

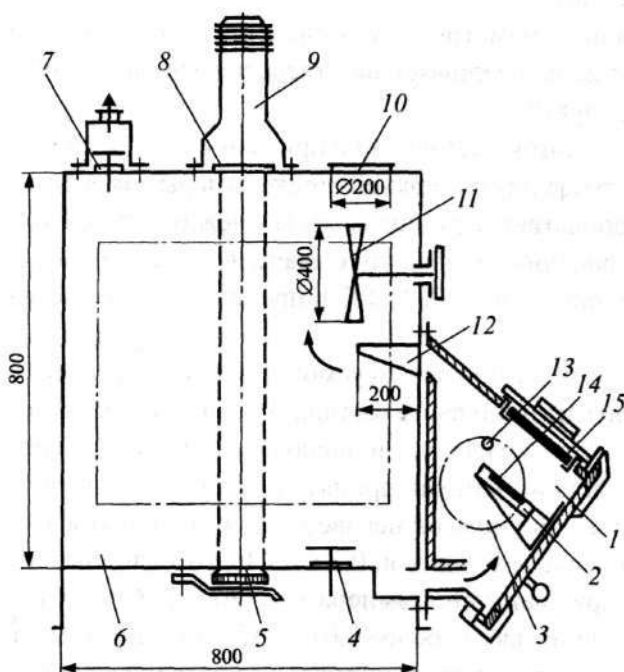
1. В результате статистической обработки экспериментальных данных, полученных при испытаниях коврового покрытия на токсичность продуктов сгорания (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.20), величина показателя токсичности составила $(40,0 \pm 5,5)$ г/м³. К какой группе токсичности в этом случае относить материал — Т3 или Т2? Обоснуйте свою точку зрения.
2. Почему показатель токсичности $H_{CL_{50}}$ (см. табл. 4.6) зависит от времени экспозиции?

4.5. Дымообразующая способность

Для выявления дымообразующей способности СМ применяется метод экспериментального определения коэффициента дымообразования по п. 4.18 ГОСТ 12.1.044–89. Сущность указанного метода заключается в определении оптической плотности дыма, образующегося при горении или тлении известного количества испытываемого вещества или материала, распределенного в заданном объеме.

Установка для определения коэффициента дымообразования (рис. 4.18 и 4.19) включает в себя следующие элементы.

Камера сгорания вместимостью $3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ выполнена из нержавеющей стали, ее внутренняя поверхность теплоизолирована. В камере сгорания установлены электронагревательная панель и держатель образца. Электронагревательную панель размером $120 \times 120 \text{ мм}$ монтируют на верхней стенке камеры под углом 45° к горизонтали. Держатель образца размером $100 \times 100 \times 20 \text{ мм}$ крепят на дверце камеры сгорания. В держателе установлен вкладыш из асбосилита размером $92 \times 92 \times 20 \text{ мм}$, в центре которого имеется углубление для размещения лодочки с образцом (углубление во вкладыше делается таким, чтобы на-



◀ **Рис. 4.18.** Схема испытательной установки для определения коэффициента дымообразования:

- 1 — камера сгорания;
- 2 — держатель образца;
- 3 — окно из кварцевого стекла;
- 4, 7 — клапаны продувки;
- 5 — приемник света;
- 6 — камера измерений;
- 8 — кварцевое стекло;
- 9 — источник света;
- 10 — предохранительная мембрана;
- 11 — вентилятор;
- 12 — направляющий козырек;
- 13 — запальная горелка;
- 14 — вкладыш;
- 15 — электронагревательная панель

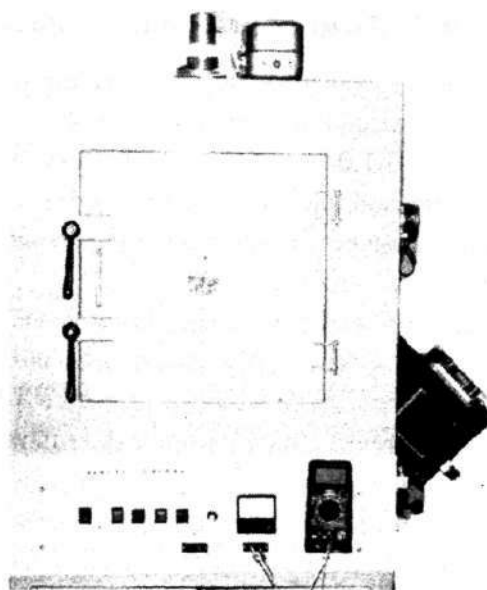
греваемая поверхность образца находилась на расстоянии 60 мм от электронагревательной панели).

Над держателем образца установлена запальная газовая горелка, представляющая собой трубку из стали внутренним диаметром 1,5–2,0 мм.

В камере сгорания имеются верхнее и нижнее отверстия сечением 30 × 160 мм, соединяющие ее с камерой измерений. Камера измерений размером 800 × 800 × 800 мм изготавливается из стали, имеет в верхней стенке отверстия для возвратного клапана продувки, источника света и предохранительной мембраны. На боковой стенке камеры установлен вентилятор перемешивания. На передней стенке имеется дверца с уплотнением из мягкой резины по периметру для обеспечения герметичности камеры измерений. В днище камеры расположены отверстия для приемника света и возвратного клапана продувки.

Фотометрическая система состоит из источника и приемника света. Источник света (гелий-неоновый лазер) крепят на верхней стенке камеры измерений, приемник света (фотодиод) располагают в днище камеры. Между источником света и камерой измерений устанавливают защитное кварцевое стекло, нагреваемое электроспиралью до температуры 120–140°C и препятствующее осаждению продуктов горения.

Для испытаний готовят 10–15 образцов исследуемого материала размером 40 × 40 мм фактической толщины, но не более 10 мм (для образцов пенопластов допускается толщина до 15 мм). Лакокрасочные и пленочные покрытия испытывают нанесенными на ту же основу, которая принята в реальной конструкции. Если область применения лаков и красок неизвестна, то их испытывают нанесенными на алюминиевую фольгу толщиной 0,2 мм. Подготовленные образцы перед испытаниями выдерживают при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менее 48 ч, затем взвешивают с погрешностью не более 0,01 г. Образцы должны характеризовать средние свойства исследуемого материала. Испытание проводят



▲ Рис. 4.19. Общий вид испытательной установки по ГОСТ 12.1.044–89 (п. 4.18)

в двух режимах: тления и горения с использованием газовой горелки (длина пламени горелки 10–15 мм).

Предусматривается следующий порядок испытания.

Включают электропитание установки в таком режиме, чтобы плотность теплового потока, падающего на образец, составляла 35 кВт/м^2 . Включают источник и приемник света. Устанавливают начальное значение светопропускания, соответствующее верхнему пределу измерений регистрирующего прибора и принимаемое за 100%. Подготовленный образец помещают в лодочку из нержавеющей стали. Открывают дверцу камеры сгорания и без задержки устанавливают лодочку с образцом в держатель, после чего дверцу закрывают.

Испытание прекращают при достижении минимального значения светопропускания. В случае, когда указанное значение выходит за пределы рабочего диапазона или находится вблизи его границ, допускается уменьшать длину пути луча света (расстояние между источником и приемником света) либо изменять размеры образца.

При испытаниях в режиме тления образцы не должны самовоспламеняться. В случае самовоспламенения образца последующие испытания проводят при уменьшенном на 5 кВт/м^2 значении ППП. Плотность теплового потока снижают до тех пор, пока не прекратится самовоспламенение образца во время испытания.

По окончании испытания лодочку с остатками образца вынимают из камеры сгорания. Установку вентилируют в течение 3–5 мин, но не менее чем требуется для достижения исходного значения светопропускания в камере измерений. В каждом режиме испытывают по пять образцов.

По результатам испытаний определяют коэффициент дымообразования — показатель, характеризующий оптическую плотность дыма, образующегося при пламенном горении или термоокислительной деструкции (тлении) определенного количества твердого вещества (материала) в условиях специальных испытаний.

Коэффициент дымообразования D_m , $\text{м}^2/\text{кг}$, вычисляют по формуле:

$$D_m = \frac{V}{m_o L} \ln \left(\frac{I_0}{I_{\min}} \right), \quad (4.2)$$

где V — вместимость камеры измерения, м^3 ; L — длина пути луча света в задымленной среде, м; m_o — масса образца, кг; I_0 , I_{\min} — значение начального и конечного светопропускания соответственно, %.

Для каждого режима определяют коэффициент дымообразования как среднее арифметическое по результатам пяти испытаний. За коэффициент дымообразования исследуемого материала принимают большее его значение, вычисленное для двух режимов испытания.

При классификации различают три группы материалов по дымообразующей способности:

- с малой дымообразующей способностью (Д1) — $D_m \leq 50 \text{ м}^2/\text{кг}$;
- с умеренной дымообразующей способностью (Д2) — $50 < D_m \leq 500 \text{ м}^2/\text{кг}$;
- с высокой дымообразующей способностью (Д3) — $D_m > 500 \text{ м}^2/\text{кг}$.

4.6. Скорость тепловыделения при горении

В российской методологии определения пожарной опасности СМ в настоящее время отсутствуют нормативные методы, оценивающие степень пожарной опасности СМ по тепловыделению. В то же время за рубежом развитию этого методологического направления уделяется достаточно большое внимание.

Из зарубежных методов определения горючести СМ, аналоги которых отсутствуют в отечественной методологии, целесообразно отметить международные европейские стандарты: ISO 1716* (*Oxygen Bomb Calorimeter Test*), используемый для классификации негорючих материалов, и ISO 5660-1 (*Con-Calorimeter*).

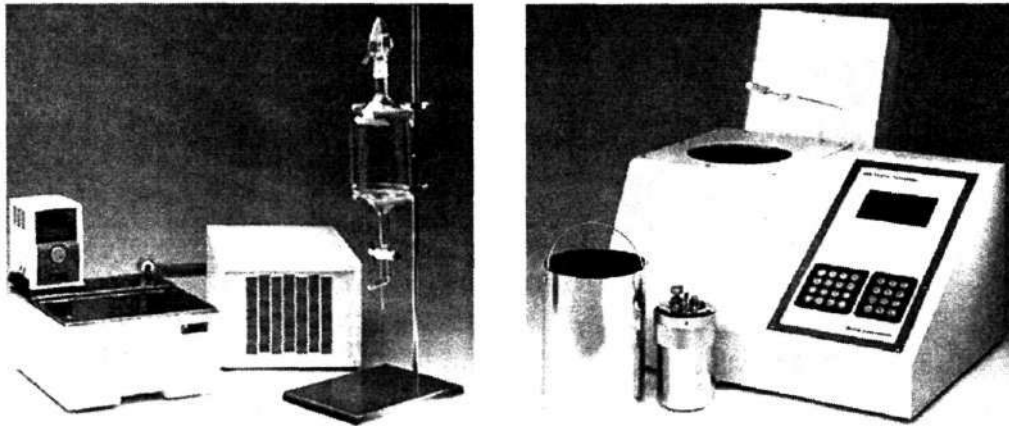
Методы ISO 1716 и ISO 5660-1 основаны на количественном измерении тепловыделения с образца материала в условиях специальных испытаний. Необходимо особо отметить, что принцип тепловыделения *наиболее точно* соответствует определению горючести как способности материала к самостоятельному горению, а горения — как химической реакции окисления, сопровождающейся выделением большого количества тепла.

Метод ISO 1716 используется для определения *высшей теплотворной способности* (*Gross Calorific Value*) различных типов СМ.

Высшая теплотворная способность представляет собой максимальное потенциально возможное тепловыделение материала в условиях его полного сгорания. Данный метод испытания применяется за рубежом для классификации СМ по классам А1, А2, А1_f и А2_f согласно Европейской нормативной классификации (индекс *f* относится к классам напольных покрытий).

Для проведения испытаний на установке по ISO 1716 (рис. 4.20) образец предварительно измельчается до порошкообразного состояния, при определен-

* В России действует подобный нормативный метод (ГОСТ 147–95), применяющийся для определения теплоты сгорания углей, антрацитов, горючих сланцев и торфа.



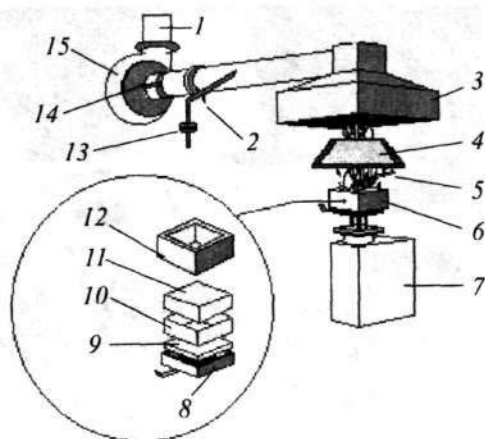
▲ *Рис. 4.20. Общий вид испытательного оборудования по ISO 1716 (Bomb Calorimeter)*

ной массе (0,5 г) со специальной присадкой для горения помещается в тигель и сжигается в постоянном объеме в атмосфере чистого кислорода при избыточном давлении. Теплотворная способность определяется на основе наблюдаемого повышения температуры с учетом тепловых потерь. Испытательная установка калибруется по теплоте сгорания стандартного образца — бензойной кислоты.

Для оценки горючести СМ на основе непосредственного или прямого определения интенсивности тепловыделения при различных условиях теплового воздействия и газообмена в зарубежной практике широко используется лабораторный метод ISO 5660-1.

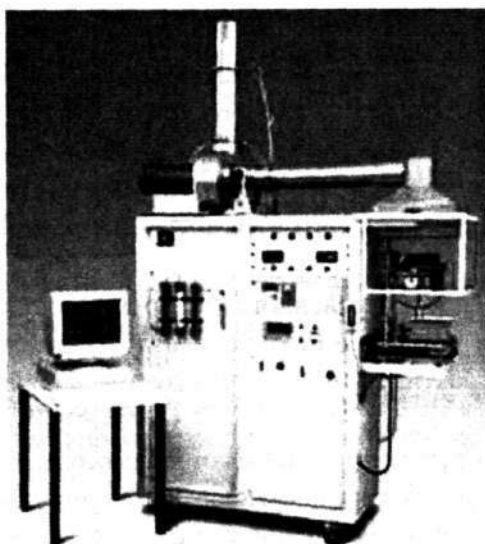
Необходимо заметить, что испытания с использованием конического калориметра по ISO 5660-1 (рис. 4.21 и 4.22) дают возможность определять не только горючесть СМ, но и дополнительно другие сопутствующие пожарно-технические характеристики, такие как воспламеняемость, дымообразование и образование токсичных газов. Данная многоплановость оценки пожарной опасности СМ является отличительной чертой многих зарубежных испытательных методов.

В процессе испытания по ISO 5660-1 поверхность испытываемого образца подвергается воздействию постоянного лучистого теплового потока от конического нагревателя. Летучие продукты термического разложения воспламеняются электрическим искровым воспламенителем, расположенным вблизи поверхности образца, и улавливаются вытяжным зонтом для дальнейшего анализа. Анализ летучих продуктов горения (температуры, компонентного состава,



◀ **Рис. 4.21.** Схема испытательной установки "Конический калориметр" по ISO 5660-1:

1 — место проведения измерений температуры и давления; 2 — место отбора проб газа; 3 — вытяжной зонт; 4 — конический нагреватель; 5 — искровой воспламенитель; 6, 11 — образцы; 7 — весы; 8 — чашка весов; 9 — теплоизолирующая пластина; 10 — алюминиевая фольга; 12 — ограничивающая рамка; 13 — фильтр для сбора сажевых частиц; 14 — место проведения дымовых и температурных измерений; 15 — вытяжной вентилятор



▲ **Рис. 4.22.** Общий вид испытательной установки "Конический калориметр" по ISO 5660-1

дымовых и сажевых частиц и др.) дает возможность рассчитать скорость тепловыделения и оценить количество токсичных газов, выделяющихся с образца. Дымообразование оценивается по ослаблению интенсивности лазерного луча дымом в вытяжной трубе. Ослабление интенсивности относится к объему потока, в результате чего определяется параметр *площадь дымопоглощения*, характеризующий плотность дыма в фотометрической системе в определенный момент времени. Во время испытания образец находится в измерительной ячейке, позволяющей определять скорость потери массы образца.

Испытания на коническом калориметре проводятся при типичных значениях плотности лучистого теплового потока: 25, 35, 50 и 75 кВт/м². При каждом значении теплового потока исследуются по три образца. Образцы характеризуют средние свойства испытываемого материала и имеют следующие размеры: площадь экспонируемой поверхности — 100 × 100 мм; толщина — фактическая, но не более 50 мм.

Отчет об испытаниях по ISO 5660-1 включает следующие характеристики: время воспламенения, с; суммарное тепловыделение с единицы площади образца, МДж/м²; максимум скорости тепловыделения с единицы площади образца, кВт/м²; усредненную скорость тепловыделения за 180 и 300 с с момента начала испытания; эффективную теплоту сгорания, МДж/кг; усредненное дымообразование, м²/с; образование окиси углерода CO, г*.

Для каждого уровня лучистого теплового потока представляются в графическом виде скорости: тепловыделения с единицы площади образца, кВт/м²; дымообразования, м²/с; образования CO и HCN, г/с; потери массы образца во время испытания, г/с.

ВОПРОСЫ:

1. В чем преимущества зарубежного метода оценки горючести СМ по ISO 5660-2 по сравнению с отечественным по ГОСТ 30244-94 (II)?
2. Дает ли, на ваш взгляд, метод кислородной бомбы исчерпывающую информацию о потенциальной горючести СМ?

4.7. Кислородный индекс

Стандартный метод экспериментального определения кислородного индекса (КИ) по ГОСТ 12.1.044-89 разработан для испытания пластмасс, в том числе ячеистых, плотностью не менее 100 кг/м³, а также пластмасс в виде пленок и листов толщиной не более 10,5 мм, за исключением материалов с большой усадкой при высоких температурах. Данный метод может также служить для сравнительной оценки горючести других твердых материалов, в особенности при отработке их рецептур, направленных на снижение горючести и воспламеняемости.

Суть указанного метода состоит в определении минимальной концентрации кислорода в кислород-азотной смеси, при которой испытываемый материал способен воспламениться и гореть.

Установка для экспериментального определения КИ включает в себя следующие основные элементы (рис. 4.23):

1 — реакционная камера, представляющая собой термостойкую прозрачную трубу внутренним диаметром не менее 450 мм, установленную вертикально на основании;

* Также возможно измерение других токсичных газовых компонентов.

2 — держатель образца для закрепления его в вертикальном положении в центре трубы (все детали держателя выполняются без острых кромок для лучшего обтекания газовым потоком);

3 — металлическое проволочное сито с размером ячейки 1,0–1,6 мм, помещенное над приспособлением для равномерного распределения газовой смеси по сечению трубы;

4 — приспособление для равномерного распределения газовой смеси по сечению трубы, монтирующееся на дно камеры и состоящее, например, из стеклянных или металлических шариков диаметром 3–5 мм, засыпанных слоем высотой 80–100 мм;

5, 6, 7 — система смешивания и регулировки газов перед поступлением в реакционную камеру, позволяющая достигать необходимой концентрации кислорода в газовой смеси с погрешностью не более $\pm 0,1\%$ об.;

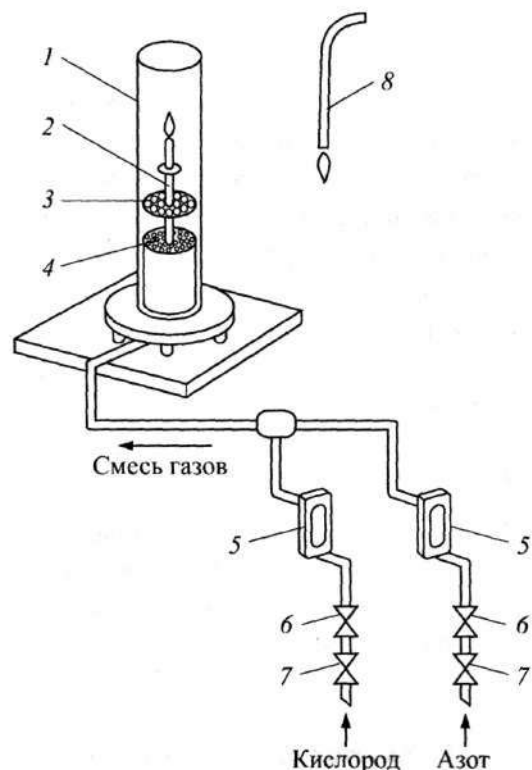
8 — источник зажигания (например, горелка с диаметром наконечника (2 ± 1) мм, обеспечивающая на пропане высоту пламени (16 ± 4) мм и свободно входящая в камеру через верхний открытый конец).

Кроме вышперечисленного оборудования испытательная установка включает приспособление для удаления сажи, дыма и тепла, обеспечивающее достаточное отсасывание без изменения потока газов в колонке или ее температуры.

Для проведения испытания используют не менее 15 образцов. Размеры образцов должны соответствовать указанным в табл. 4.7.

Края образцов сглаживаются. На образцы наносят поперечные линии (метки) на две смежные стороны:

- для типов 1–4 — на расстоянии 50 мм от конца образца, вступающего в контакт с источником зажигания, в случае варианта зажигания А, на расстоянии 10 и 60 мм в случае варианта Б (см. далее);



▲ Рис. 4.23. Установка для определения кислородного индекса

Таблица 4.7. Требуемые размеры образцов различных типов материалов для проведения испытаний по определению КИ

Тип образца	Размер образца, мм			Тип материала
	длина	ширина	толщина	
1			$4,00 \pm 0,25$	Обладающий стабильной формой
2	От 80 до 150	$10,0 \pm 0,5$	$10,0 \pm 0,5$	Ячеистый
3			До 10,5	Листовой и пленочный
4	От 70 до 150	$6,5 \pm 0,5$	$3,00 \pm 0,25$	Обладающий стабильной формой или листовой для электротехнических устройств
5	$140,0 \pm 0,5$	$52,0 \pm 0,5$	До 10,5	Гибкие листы и пленки

Примечание. Необходимо учитывать, что результаты, полученные на образцах различных размеров, являются несопоставимыми в силу относительности метода.

- для типа 5 — на держатель образца (или/и на образец) на расстоянии 20 и 100 мм от верхнего края.

В случае анизотропных материалов записывают расположение и ориентацию образцов в зависимости от осей анизотропии.

Время между изготовлением исследуемого материалов и началом испытания должно быть не менее 72 ч. Если нет других указаний, образцы перед испытанием кондиционируют не менее 88 ч в стандартной атмосфере при $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Начальную концентрацию кислорода выбирают на основе опыта работы с материалами, аналогичными исследуемому. В противном случае один из приготовленных образцов сжигают на воздухе и наблюдают за горением. После чего устанавливают начальную концентрацию кислорода:

- около 18% об., если образец горит быстро;
- около 21% об., если образец горит медленно или неустойчиво;
- не менее 25% об., если образец затухает.

Образец закрепляют в вертикальном положении в держателе в центре колонки так, чтобы верхний его край находился на расстоянии не менее 100 мм от верхнего края колонки.

Приборы для измерения давления и расхода газов регулируют так, чтобы газовый поток в колонке при температуре $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ с заданной концентрацией кислорода имел скорость (40 ± 10) мм/с.

Перед испытанием систему продувают газовой смесью не менее 30 с и поддерживают заданную концентрацию кислорода постоянной до конца испытания.

Зажигание образцов проводят в зависимости от типа образцов по одному из следующих вариантов.

Вариант А (для образцов типов 1–4)

Медленно подводят самую нижнюю часть пламени горелки к верхней горизонтальной поверхности образца так, чтобы пламя покрывало ее полностью и не касалось вертикальных поверхностей или граней образца. Длительность воздействия пламени на образец составляет 30 с с короткими перерывами через каждые 5 с. Образец считают воспламененным, если после отвода горелки через 5 с вся его верхняя часть горит.

Вариант Б (для образцов типа 5)

Наклоняют и подводят горелку так, чтобы высокотемпературная зона пламени покрыла верхнюю и вертикальные поверхности образца по длине ~6 мм. Длительность воздействия пламени на образец составляет 30 с с короткими перерывами через каждые 5 с или до момента, когда горение доходит до верхней метки на рамке.

После воспламенения образца включают секундомер и наблюдают за распространением горения. Если горение прекращается и не возобновляется в течение 1 с, то, включив секундомер, определяют время горения и измеряют максимальную длину сгоревшей части образца. Если хотя бы один из указанных показателей горения образца превосходит приведенные в табл. 4.8 критерии, то результат испытания записывают как Х, в противном случае — как 0.

Таблица 4.8. Критерии оценки результатов испытаний по методу КИ

Тип образца	Вариант зажигания	Критерий	
		Время горения после зажигания, с	Длина сгоревшей части образца, мм
1	А	180	50 от верхнего торца образца
2			
3		180	50 ниже верхней метки на образце
4			
5	Б	180	30 ниже верхней метки на рамке

По ходу испытания отмечают процессы, сопровождающие горение, например такие, как падение частиц, обугливание, неравномерное горение, тление.

После регистрации результатов, при необходимости, гасят и вынимают исследованный образец из реакционной камеры. Для испытания следующего образца охлаждают камеру до $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$. В случае необходимости очищают поверхности горелки и камеры, сито и приспособление для равномерного распределения газовой смеси для следующего испытания.

При испытании последующего образца выбирают концентрацию кислорода таким образом: уменьшают концентрацию кислорода, если для предыдущего образца записан X , или увеличивают ее, если записан 0 .

Повторяют испытания на других образцах, произвольно изменяя при этом концентрацию кислорода до получения пары концентраций, отличающихся друг от друга не более чем на 1%, при одной из которых получен результат X , при другой — 0 . При этом концентрация кислорода, для которой записан X , должна превышать концентрацию, для которой записан 0 .

Затем, выбирая изменения концентраций кислорода d , равные 0,2% об., испытывают ряд образцов, повторяя вышеуказанные этапы, до получения первого результата, противоположного полученному.

Испытывают еще четыре образца, поддерживая при этом $d = 0,2\%$ об. и записывая концентрации кислорода и результаты. Фиксируют концентрацию кислорода для последнего образца (C_x) и на основе полученных результатов вычисляют величину кислородного индекса КИ, % об.

4.8. Температуры вспышки и воспламенения лаков, красок и битумов

Пожарная опасность лаков, красок и битумов, находящихся перед нанесением на строительные конструкции в жидком состоянии, определяется такими пожарно-техническими характеристиками, как температуры вспышки и воспламенения, при этом температура вспышки определяется либо в закрытом (модель образования горючей паровоздушной среды над жидкостью в замкнутом пространстве), либо в открытом (модель образования горючей паровоздушной среды над жидкостью в неограниченном пространстве) тиглях.

Определение температуры вспышки в закрытом тигле

Метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в закрытом тигле реализуется в диапазоне температур от -15 до 360°C и не при-

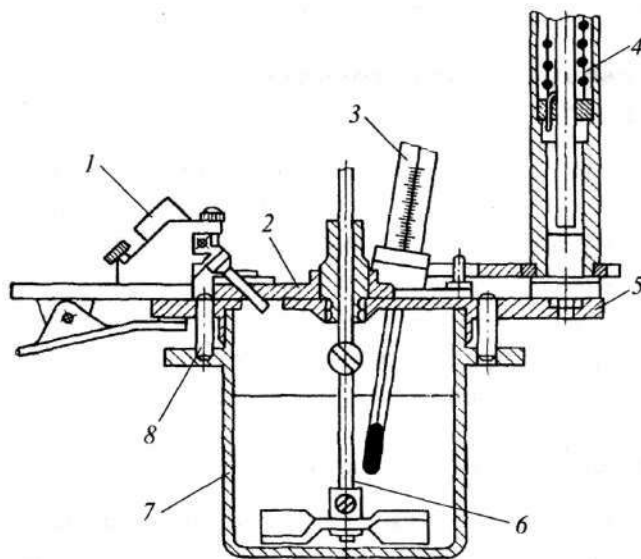
меним для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей.

Прибор для определения температуры вспышки в закрытом тигле включает в себя следующие элементы:

- тигель (рис. 4.24);
- воздушную баню для нагревания тигля с исследуемой жидкостью;
- термометры с делением шкалы не более 1°C или другие измерители температуры с погрешностью не более указанной;
- секундомер с погрешностью не более 1 с для контроля скорости нагревания жидкости.

Тигель высотой ($55,9 \pm 0,1$) мм и внутренним диаметром 50,8 мм выполнен из коррозионно-стойкого металла, имеет указатель уровня заполнения на глубине 21,8 мм от верхнего края. Тигель снабжен хорошо пригнанной крышкой с мешалкой, открываемой заслонкой и зажигающей горелкой. Источником пламени в горелке может быть любой горючий газ.

Нагревание тигля с вязкой жидкостью типа лаков, красок, эмалей, нефтяных и аналогичных продуктов (далее — лаков) можно проводить в жидкостной бане достаточной теплоемкости, позволяющей регулировать скорость нагрева в заданном режиме. Допускается применять автоматические аппараты для определения температуры вспышки, которые дают возможность экономить время эксперимента, использовать меньшие количества проб и обладают другими харак-



◀ **Рис. 4.24.** Схема прибора "закрытый тигель" для измерения температуры вспышки:

- 1 — зажигающая горелка;
- 2 — заслонка;
- 3 — термометр;
- 4 — пружинный механизм;
- 5 — крышка;
- 6 — мешалка;
- 7 — тигель;
- 8 — штифт-фиксатор крышки

теристиками, оправдывающими их применение. При применении автоматических аппаратов необходимо строго соблюдать все инструкции изготовителя. В спорных случаях температуру вспышки следует определять вручную.

Перед проведением испытания устанавливают соответствие исследуемой жидкости паспортным данным. Образец жидкости, имеющей температуру вспышки ниже 50°C , охлаждают до температуры, которая не менее чем на 17°C ниже предполагаемой температуры вспышки. Образцы вязких жидкостей перед испытанием нагревают до достаточной текучести.

Исследуемую жидкость наливают в чистый сухой тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля выше указанной метки. Тигель закрывают крышкой и устанавливают в нагревательную баню, вставляют термометр и зажигают горелку, регулируя пламя так, чтобы оно имело форму шара диаметром $(4,0 \pm 0,5)$ мм.

Температуру жидкостной бани при определении температуры вспышки лаков устанавливают примерно на 5°C ниже предполагаемой температуры вспышки.

Включают перемешивающее устройство, обеспечивая частоту вращения от 1,5 до 2,0 об./с. При испытании лаков ограничений на частоту вращения мешалки не вводят.

Включают обогрев прибора и нагревают исследуемую жидкость со скоростью $5\text{--}6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. При испытании лаков скорость нагревания должна составлять не более 1°C за 3 мин. При использовании жидкостной бани нагревание ведут с такой скоростью, чтобы разница между температурами жидкости в бане и исследуемого образца в закрытом тигле не превышала 2°C .

Испытание на вспышку начинают проводить при достижении температуры образца на 17°C ниже предполагаемой температуры вспышки и повторяют через каждый 1°C повышения температуры для жидкостей с температурой вспышки до 104°C и через каждые 2°C — более 104°C . Испытание на вспышку для лаков начинают проводить за 5°C до предполагаемой температуры вспышки и повторяют через каждые $0,5^{\circ}\text{C}$ повышения температуры.

В момент испытания на вспышку перемешивание прекращают. Поворотом пружинного механизма открывают заслонку на крышке и опускают пламя горелки внутрь тигля за 0,5 с, оставляют горелку в нижнем положении в течение 1 с и быстро возвращают в исходное положение. Следят за пламенем при открывании и закрывании заслонки.

За температуру вспышки принимают показания термометра в момент появления первого пламени над поверхностью жидкости. Вспышку паров исследуе-

мой жидкости над поверхностью крышки тигля не учитывают. Испытание на вспышку (в случае ее отсутствия) прекращают при достижении температуры кипения исследуемой жидкости.

Если пламя горелки погасло в момент открывания крышки, результат этого определения не учитывают.

Примечание. Для лаков, содержащих летучие компоненты, общее время испытания не должно превышать 1 ч.

За температуру вспышки исследуемой жидкости принимают среднее арифметическое значение температур вспышки, полученных на двух образцах при испытании лаков и на трех образцах при испытании других жидкостей, с поправкой на атмосферное давление Δt , °С, которую вычисляют по формуле:

$$\Delta t = 0,27(101,3 - p_a), \quad (4.3)$$

где p_a — атмосферное давление, кПа.

Сходимость метода не должна превышать значений, указанных в табл. 4.9.

Таблица 4.9. Допускаемые расхождения в определении температур вспышки различных веществ

Вещество	Температура вспышки, °С	Допускаемые расхождения, °С
Химические органические вещества и нефтепродукты	До 104	2,0
	Свыше 104	5,5
Лаки, краски, эмали и аналогичные продукты	—	2,0

Определение температуры вспышки в открытом тигле

Метод экспериментального определения температуры вспышки жидкостей в открытом тигле реализуется в диапазоне температур от –15 до 360°С и не применим для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей.

Прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле включает в себя следующие элементы:

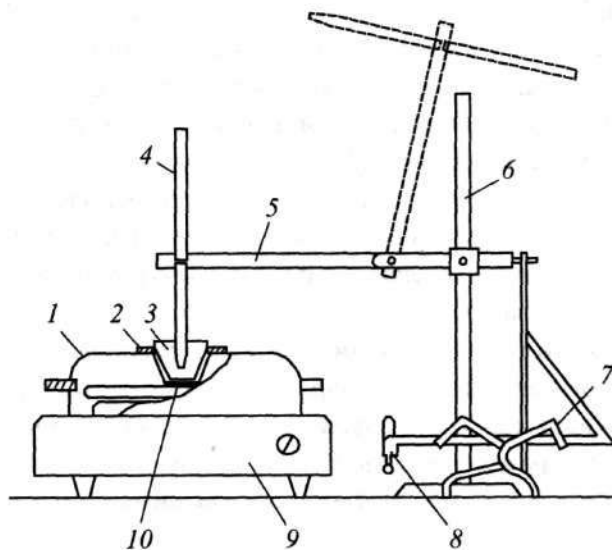
- тигель с внутренним указателем уровня заполнения (рис. 4.25), выполненный из коррозионно-стойкого материала;
- устройство для нагревания тигля, обеспечивающее скорость нагревания до 17°С/мин;



◀ **Рис. 4.25.**
Тигель для измерения температуры вспышки

- термометры с делением шкалы не более 1°C или другие измерители температуры с погрешностью, не превышающей указанную;
- секундомер с погрешностью не более 1 с для контроля скорости нагревания жидкости;
- трехстворчатый экран с шириной створки 460 мм и высотой 610 мм для защиты тигля от потоков воздуха;
- газовую горелку, имеющую пламя в форме шара диаметром $(4,0 \pm 0,5)$ мм.

Допускается использование прибора с фарфоровым тиглем низкой формы или аналогичным ему металлическим (рис. 4.26), а также автоматических аппаратов для определения температуры вспышки, которые позволяют экономить время испытаний, использовать меньшие количества проб и обладают другими характеристиками, оправдывающими их применение. При использовании автоматических приборов для испытаний необходимо строго соблюдать



◀ **Рис. 4.26.** Прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле:

- 1 — нагревательная ванна;
- 2 — кольцо из паронита;
- 3 — фарфоровый тигель;
- 4 — термометр;
- 5 — держатель термометра;
- 6 — штатив;
- 7 — подставка для горелки;
- 8 — газовая горелка;
- 9 — нагревательное устройство;
- 10 — асбестовая прокладка

все инструкции изготовителя. В противном случае температуру вспышки следует определять вручную.

Перед проведением испытания устанавливают соответствие исследуемой жидкости паспортным данным.

Образец жидкости, имеющей температуру вспышки ниже 79°C , охлаждают до значений на 28°C меньше предполагаемой температуры вспышки. Образцы вязких жидкостей предварительно нагревают до достаточной текучести, но не более чем до температуры, которая на 5°C ниже предполагаемой температуры вспышки.

Прибор устанавливают на ровной устойчивой поверхности в таком месте, где нет заметного движения воздуха и свет настолько затемнен, что вспышка хорошо видна.

При проведении испытаний под тягой или в другом месте, где имеется вытяжка, необходимо учитывать, что результаты могут оказаться не вполне надежными из-за значительного снижения концентрации образующихся горючих паровоздушных продуктов над нагреваемой жидкостью.

Исследуемую жидкость наливают в чистый сухой тигель до метки, не допуская смачивания стенок тигля выше указанной метки. При использовании рассматриваемого прибора жидкость должна находиться до уровня на 12 мм ниже края тигля.

Тигель устанавливают на нагревательную пластину аппарата, в него опускают термометр на расстоянии 6 мм от дна в точку, лежащую посередине между центром и стенкой тигля. Зажигают газовую горелку.

Включают обогрев прибора. При испытании жидкостей с предполагаемой температурой вспышки выше 79°C скорость нагревания должна быть $14\text{--}17^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. За 56°C до предполагаемой температуры вспышки нагревание уменьшают настолько, чтобы скорость повышения температуры за последние 28°C до температуры вспышки была равна $5\text{--}6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. При испытании жидкостей с предполагаемой температурой вспышки ниже 79°C скорость повышения температуры должна составлять $5\text{--}6^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. При испытании вязких жидкостей типа лаков нагревание за 5°C до предполагаемой температуры вспышки следует проводить со скоростью 1°C за 3 мин.

Испытание на вспышку начинают при достижении температуры образца на 28°C (5°C для лаков) ниже предполагаемой температуры вспышки и повторяют через каждые 2°C (1°C для лаков) повышения температуры. Перед испытанием лаков на вспышку перемешивают образец в течение 3–4 с при помощи стеклянной палочки, погружая ее на глубину 12–15 мм. Затем палочку вынимают и проводят испытания.

При испытании на вспышку пламя газовой горелки равномерно непрерывно проводят от одной стороны тигля до другой в горизонтальной плоскости не более чем на 2 мм выше верхнего края тигля и только в одном направлении. Каждый последующий раз пламя перемещают в противоположном направлении, затрачивая на это ~1 с.

За температуру вспышки в открытом тигле принимают температуру, показываемую термометром при появлении пламени над частью или всей поверхностью жидкости. Вспышку не следует путать с голубоватым ореолом, иногда окружающим испытательное пламя.

В случае отсутствия температуры вспышки (при испытании индивидуальной жидкости) нагревание и испытание образца прекращают при достижении температуры кипения. При испытании смесей, содержащих легкокипящие негорючие или трудногорючие компоненты, нагревание ведут до выкипания названных компонентов.

За температуру вспышки исследуемой жидкости принимают среднее арифметическое значение температур вспышки, полученных на трех образцах, с поправкой на атмосферное давление, рассчитываемой по формуле (4.3).

Сходимость метода при доверительной вероятности 95% не превышает 8°C.

Определение температуры воспламенения

Метод экспериментального определения температуры воспламенения жидкостей реализуют в диапазоне температур от –15 до 360°C и не применяют для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей.

Температуру воспламенения определяют с помощью приборов, применяемых для изучения температуры вспышки в открытом тигле.

Метод определения температуры воспламенения может осуществляться как самостоятельный или одновременно с определением температуры вспышки на том же образце. После получения вспышки образец продолжают нагревать в прежнем режиме. Испытание на воспламенение проводят через каждые 2°C повышения температуры.

За температуру воспламенения образца принимают температуру испытания, при которой образующиеся над поверхностью жидкости пары воспламеняются от пламени газовой горелки и продолжают гореть не менее 5 с после его удаления.

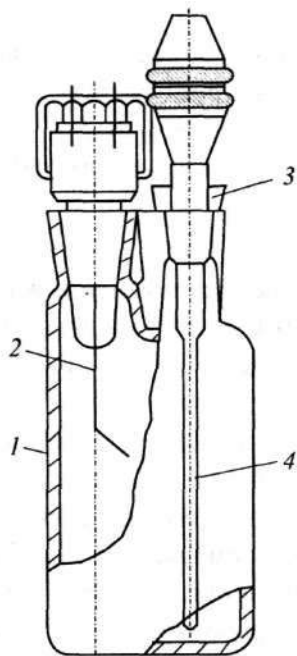
За температуру воспламенения исследуемой жидкости принимают среднее арифметическое значение температур воспламенения, полученных на трех образцах, с поправкой на атмосферное давление, определяемой по формуле (4.3).

4.9. Температурные пределы воспламенения лаков, красок и битумов

Метод экспериментального определения температурных пределов распространения пламени по паровоздушным смесям по ГОСТ 12.1.044–89 реализуется при температурах от -50 до 300°C и не применим для испытания полимеризующихся при нагревании, гидролизующихся и быстро окисляющихся жидкостей, а также смесей, содержащих более 40% воды.

Прибор для определения температурных пределов распространения пламени включает в себя следующие элементы:

- реакционный сосуд (рис. 4.27) с тремя горловинами из термостойкого стекла наружным диаметром (65 ± 2) мм и высотой до горловин (125 ± 5) мм;
- зажигающее устройство, вырабатывающее искру мощностью (6 ± 1) Дж за 1 с при разрядном промежутке между электродами (5 ± 1) мм (электроды зажигающего устройства выполнены в виде конуса и расположены в центре паровоздушного пространства);



▲ Рис. 4.27.

Реакционный сосуд:

- 1 — реакционный сосуд;
- 2 — зажигающее устройство;
- 3 — сбросной клапан;
- 4 — термоэлектрический преобразователь

электроды зажигающего устройства выполнены в виде конуса и расположены в центре паровоздушного пространства);

Примечание. Для веществ, которые не воспламеняются от искрового источника зажигания, применяют спираль из нихромовой проволоки диаметром 0,3 мм и длиной 300 мм; внутренний диаметр спирали — (5 ± 1) мм. Температура накала спирали — 1000 – 1200°C , время выхода на рабочую температуру — не более 4 с.

- термоэлектрические преобразователи с максимальным диаметром рабочего спая не более 1 мм для измерения температуры исследуемой жидкости и паровоздушной смеси;
- термостат, обеспечивающий рабочую температуру от -50 до 300°C ;
- устройство для продувки реакционного сосуда воздухом.

Перед проведением испытаний устанавливают соответствие исследуемой жидкости паспортным данным.

Рассчитывают предварительно температурные пределы распространения пламени по формулам:

$$t_n = t_{всп} - 2; \quad (4.4)$$

$$t_a = t_{\text{всп}} + 30, \quad (4.5)$$

где t_n и t_v — нижний и верхний температурный предел распространения пламени соответственно, °С;

$t_{\text{всп}}$ — температура вспышки, °С.

В зависимости от расчетных значений температурных пределов выбирают рабочую температуру для термостатирования реакционного сосуда с исследуемой жидкостью. Для первого испытания в термостате устанавливают температуру, которая должна быть при определении нижнего предела меньше его расчетного значения или температуры вспышки в закрытом тигле на 5–10°С, а при определении верхнего предела — больше его расчетного значения на 10–15°С.

В чистый сухой реакционный сосуд помещают (70 ± 2) см³ исследуемой жидкости. В одну из горловин устанавливают искровой источник зажигания, искровой промежуток которого должен находиться в центре паровоздушного пространства. Во вторую горловину размещают два термоэлектрических преобразователя таким образом, чтобы рабочий спай одного из них находился в центре слоя жидкости, а другого — в центре паровоздушного пространства. Третья горловина служит для сброса избыточного давления через клапан, масса которого не более 6 г. Затем реакционный сосуд помещают в термостат.

При выбранной температуре испытания реакционный сосуд с исследуемой жидкостью термостатируют в течение 12–15 мин для установления термодинамического равновесия между жидкой и паровой фазами. При этом температуры указанных фаз должны стабилизироваться, а их разность не должна превышать 1°С. За температуру испытания принимают температуру жидкой фазы.

Проводят испытание на воспламенение, включая источник зажигания на 1 с.

Результаты испытания на распространение пламени оценивают визуально или с помощью датчика. За воспламенение принимают распространение пламени по паровоздушной смеси от источника зажигания до верхней части реакционного сосуда.

Если при первом испытании на воспламенение получен отрицательный результат, то следующее проводят при температуре, увеличенной не более чем на 5°С для нижнего предела и уменьшенной не более чем на 5°С для верхнего предела. Если получен положительный результат, то следующее испытание проводят при температуре, уменьшенной не менее чем на 5°С для нижнего предела и увеличенной не менее чем на 5°С для верхнего предела.

Изменяя температуру исследуемой жидкости, находят два таких ее значения с разницей не более 2°С, при одном из которых происходит воспламенение, а при другом — отказ.

После каждого испытания на воспламенение независимо от его результатов реакционный сосуд продувают воздухом, обеспечивая кратность обмена воздуха в паровоздушном пространстве не менее трех.

Если исследуемая жидкость изменяет свои физические свойства или внешний вид, то последующие испытания необходимо проводить с новым образцом.

За температурный предел распространения пламени принимают среднее арифметическое не менее чем трех пар определений на воспламенение и отказ, полученных на трех образцах исследуемой жидкости.

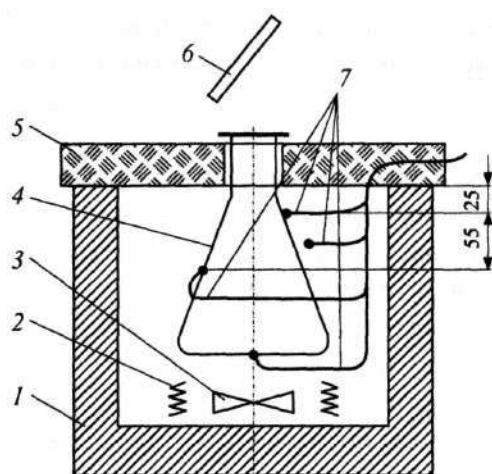
4.10. Температура самовоспламенения лаков, красок и битумов

Установка для экспериментального определения температуры самовоспламенения лаков, красок и битумов по ГОСТ 12.1.044–89 включает в себя следующие элементы (рис. 4.28).

Реакционный сосуд в виде колбы конической формы вместимостью 200 см^3 из кварцевого стекла (для испытания каждого вещества и проведения основной серии испытаний должна использоваться химически чистая колба).

Примечание. Если температура самовоспламенения исследуемого вещества превышает температуру размягчения стекла колбы, допускается применять аналогичные колбы из металла (это надо отмечать в протоколе испытаний).

Воздушный термостат, обеспечивающий равномерный нагрев колбы до заданной температуры. Для измерения температуры колбы используют калиброванные термоэлектрические преобразователи (один или несколько) макси-



◀ **Рис. 4.28.** Установка для определения температуры самовоспламенения:
 1 — корпус термостата;
 2 — электрическая спираль нагревателя;
 3 — крыльчатка вентилятора;
 4 — реакционный сосуд;
 5 — крышка термостата;
 6 — зеркало;
 7 — термоэлектрические преобразователи

мальным диаметром рабочего спая не более 0,8 мм. Термоэлектрические преобразователи располагают в выбранных точках в тесном контакте с внешней поверхностью колбы. При применении нескольких термоэлектрических преобразователей за температуру испытания принимают среднее арифметическое значение наименьшей и наибольшей температур по их показаниям. Расхождения между показаниями термоэлектрических преобразователей не должно превышать 1%.

Устройства дозирования исследуемых веществ. Для дозированной подачи жидкостей используют шприц вместимостью от 0,25 до 1 см³ (цена деления — не более 0,01 см³) с иглой из нержавеющей стали максимальным диаметром 0,15 мм или калиброванную пипетку вместимостью 1 см³, обеспечивающую подачу 1 см³ дистиллированной воды в 35–40 капель. Для дозированной подачи паст, готовых красок, мастик и подобных веществ готовят несколько навесок, отличающихся друг от друга на 0,05–0,10 г с погрешностью не более 0,01 г. Допускается использовать другие дозирующие средства, обеспечивающие требуемые параметры.

Секундомер с погрешностью измерения не более 1 с для определения периода индукции.

Наблюдение за реакцией в колбе осуществляется датчиком обнаружения пламени или с помощью *зеркала*, которое устанавливают на высоте (250 ± 10) мм над колбой.

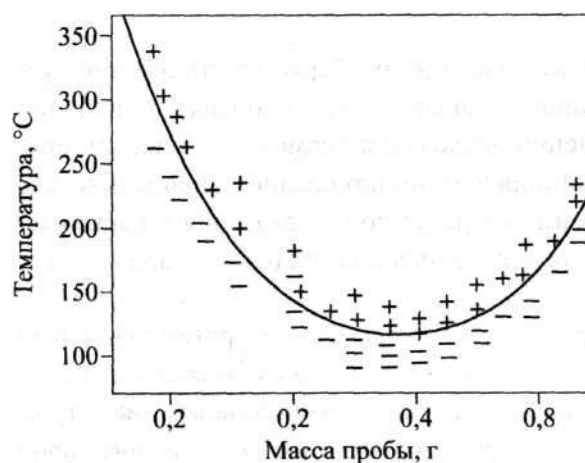
Перед помещением навески испытываемого материала в термостат температуру внутри него предварительно регулируют таким образом, чтобы было обеспечено равномерное нагревание колбы до необходимого значения температуры.

Рекомендуемый объем пробы для предварительного испытания жидкостей — 0,07 см³, паст, мастик и т.п. — 0,2 г.

Пробу исследуемого вещества вводят в центр колбы за время не более 2 с. Затем дозирующее устройство быстро отводят. Во время подачи жидкости следует избегать ее попадания на стенки колбы. Навеску пасты, мастики и подобных веществ допускается вносить в колбу на алюминиевой фольге.

Примечание. При испытании веществ с температурой кипения, близкой или равной комнатной температуре, необходимо принять соответствующие меры, чтобы не произошло изменение агрегатного состояния вещества перед введением его в колбу (например, охладить).

В момент окончания ввода пробы в колбу включают секундомер и наблюдают за содержимым колбы до появления пламени и/или взрыва. В этот момент



◀ Рис. 4.29.
График зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы

секундомер останавливают и регистрируют период индукции самовоспламенения. Если пламя и/или взрыв не наблюдается, секундомер останавливают через 5 мин и испытание прекращают.

После каждого испытания колбу продувают сухим воздухом, после чего она должна принять необходимую температуру испытания. В случае загрязнения колбы твердыми продуктами сгорания ее очищают или заменяют чистой.

Испытания повторяют при различных температурах и с различными объемами проб до достижения минимальной температуры самовоспламенения (что определяют по графику зависимости температуры самовоспламенения от массы пробы, рис. 4.29).

Основную серию испытаний проводят с наиболее легкосамовоспламеняющимся количеством вещества через интервал температуры 2°C до тех пор, пока не будет определена наименьшая температура, при которой наблюдается самовоспламенение образца, а при температуре на 2°C ниже при пятикратном повторении испытания самовоспламенение не произойдет.

За температуру самовоспламенения исследуемого вещества принимают наименьшую температуру испытаний, при которой наблюдалось самовоспламенение образца.

ГЛАВА 5

ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Пожарная опасность древесины и материалов на ее основе

Древесина — сложная ткань древесных и травянистых растений. Древесными называют материалы, состоящие полностью или преимущественно из древесины.

Древесные строительные материалы получают путем обработки хвойных (сосна, ель, кедр, лиственница, пихта) и лиственных (береза, дуб, бук, осина) пород дерева.

В строительстве применяют как натуральную древесину, так и материалы, получаемые обработкой натуральной древесины давлением при повышенных температурах, пропиткой синтетическими смолами, склеиванием и т.д. По сравнению с натуральной древесиной древесные материалы обладают улучшенными эксплуатационными свойствами. В зависимости от способа изготовления эти материалы подразделяют на древесину прессованную, пропитанную, клееную, древесные пластики и плиты.

Модифицированную древесину получают путем ее обработки каким-либо химическим веществом с целью повышения механических свойств, придания водостойкости, увеличения сопротивляемости гниению, снижения горючести.

Древесные пластики — пластифицированные древесные материалы с улучшенными физико-механическими свойствами, получаемые комбинированной механической, термической и химической обработкой.

Древесно-волоконистые плиты — строительный материал, получаемый измельчением древесины в волокнистую массу, введенным в нее полимерных смол, отливкой плит, их прессованием и сушкой. Древесно-волоконистые плиты применяют в жилищном и промышленном строительстве для теплозвукоизоляции кровли, междуэтажных перекрытий, стен, для отделки помещений, в производстве мебели.

Древесно-стружечные плиты изготавливают горячим прессованием древесной стружки со связующим веществом: мочевиноформальдегидными,

фенолформальдегидными или какими-либо другими полимерными смолами. Физико-механические свойства древесно-стружечных плит зависят от объемной массы, формы и размеров древесных частиц, количества и качества связующего. Древесно-стружечные плиты более биостойки, чем натуральная древесина вследствие присутствия в составе связующих веществ формалина.

Древесина состоит из молекул целлюлозы (43–56%), лигнина (19–30%) и ряда других соединений: гемицеллюлозы, пектина, минеральных веществ (главным образом, солей кальция), эфирных масел, алкалоидов и гликозидов. Абсолютно сухая древесина содержит, %: 49,5 углерода, 6,3 водорода, 44,1 кислорода, 0,1 азота.

Испытания древесины с целью выявления физико-механических и технологических свойств проводят на чистых (без пороков) образцах, все показатели определяют при влажности 12%:

<i>Порода древесины</i>	<i>Плотность, кг/м³</i>
Дуб	690
Лиственница	660
Береза	630
Сосна	500
Осина	495
Ель	445

Пожарная опасность древесины определяется закономерностями ее термического разложения под действием внешних тепловых потоков, которое начинается при температуре 110°C. Дальнейший нагрев сопровождается удалением из древесины свободной и связанной влаги. Этот процесс завершается при температуре 180°C, после чего начинается разложение наименее термостойких компонентов с выделением CO₂ и H₂O. При температуре ~250°C происходит пиролиз древесины с выделением газообразных продуктов: CO, CH₄, H₂, CO₂, H₂O. Выделяющаяся газовая смесь является горючей и способна воспламениться от источника зажигания. При более высоких температурах процесс термического разложения древесины ускоряется. Основная масса горючих газов, содержащая до 25% водорода и до 40% горючих углеводородов, выделяется в температурном интервале от 350 до 450°C.

Горение древесины происходит в виде пламенного горения и тления. В условиях пожара основное количество тепла выделяется в период пламенного горения (до 60%) и ~40% — в период тления.

Показатели пожарной опасности некоторых видов древесины приведены в табл. 5.1.

Температурные показатели пожарной опасности древесины — температуры воспламенения и самовоспламенения — определяются закономерностями ее термического разложения. Значения этих показателей для разных пород древесины, как видно из табл. 5.1, находятся в достаточно узком температурном интервале.

Сухая древесина всех пород является легковоспламеняемым (В3) сильногорючим (Г4) материалом с высокой дымообразующей способностью (Д3). По токсичности продуктов горения древесина относится к группе высокоопасных материалов (Т3). Линейная скорость распространения пламени по поверхности составляет 1–10 мм/с. Эта скорость существенно зависит от ряда факто-

Таблица 5.1. Показатели пожарной опасности различных видов древесины

Вид древесины	Теплота сгорания, кДж/кг	Температура, °С		Группа			
		воспламенения	самовоспламенения	горючести	воспламеняемости	дымообразующей способности	токсичности продуктов горения
Грушевая	–	230	380	Г4	В3	Д3	Т3
Дубовая	18220–19870	230	370	Г4	В3	Д3	Т3
Еловая	20305	240	380	Г4	В3	Д3	Т3
Сосновая	18730–20850	250	390	Г4	В3	Д3	Т3

Таблица 5.2. Горючесть древесных материалов

Материал	Плотность, кг/м ³	Группа горючести
Древесно-стружечная плита	774	Г4
Древесно-стружечная плита с керамзитовым песком	870	Г3
Древесно-стружечная плита с вермикулитом	828	Г3
Древесно-стружечная плита на цементе	1 210	Г3
Древесно-волокнистая плита марки Г-400 с огнезащитной пленкой	1 000	Г4
Древесно-стружечная плита с огнезащитным покрытием ОФП-9	870	Г2
Фанера толщиной 10 мм	683	Г4
Фанера толщиной 8 мм с покрытием с покрытием ОФП-9	683	Г2

ров: породы древесины, ее влажности, величины падающего теплового потока, ориентации горячей поверхности. Скорость тления также не является постоянной величиной — для различных пород древесины она колеблется в пределах 0,6–1,0 мм/мин.

В строительстве широко используются отделочные материалы на основе древесины: древесно-стружечные плиты, древесно-волоконные плиты, деревянные панели, рейки, фанера. Все эти материалы являются горючими. Модификация древесины полимерами, как правило, повышает ее пожарную опасность.

В табл. 5.2. приведены характеристики горючести некоторых строительных материалов на основе древесины.

Таблица 5.3. Скорость распространения пламени по облицовкам из древесных материалов

Материал	Толщина материала, мм	Способ крепления к конструкциям	Скорость распространения пламени по облицовке, м/мин	
			стен	потолков
Древесно-волоконные плиты (ГОСТ 4598)	4	Вплотную к железобетонным плитам и на отnose 0,05 м	–	3,7
Древесно-волоконные с декоративной отделкой под орех	4	Вплотную к железобетонным плитам перекрытия	–	4,6
		Вплотную к оштукатуренным кирпичным стенам	12,3	–
Древесно-стружечные плиты (ГОСТ 10632)	19	Вплотную к железобетонным плитам перекрытия и на отnose	–	8,0
		Вплотную к оштукатуренным кирпичным стенам и на отnose 0,05 м	7,7	–
Древесно-стружечные плиты с декоративной отделкой под орех (ТУ400-1-401-73-76)	19	Вплотную к железобетонным плитам перекрытия	–	30,3
Древесно-стружечные плиты типа "Ромалит"	5	Вплотную к железобетонным плитам перекрытия и на отnose	–	1,0
		Вплотную к оштукатуренным кирпичным стенам и на отnose 0,05 м	0,8	–

Испытания отделочных строительных материалов на основе древесины в условиях, моделирующих развитие реального пожара, показали достаточно высокие скорости распространения пламени по ним (табл. 5.3).

При горении древесины происходит достаточно интенсивное дымообразование. Наибольшее количество дыма выделяется при горении древесных материалов в режиме тления (табл. 5.4).

Таблица 5.4. Дымообразующая способность древесных материалов при испытаниях в режиме тления

Материал	Коэффициент дымообразования, м ² /кг	Группа дымообразующей способности
Пиломатериал хвойных пород, покрытый в три слоя лаком ПФ-283	440	Д2
Пиломатериал хвойных пород, пропитанный глифталевой олифой	660	Д3
Фанера, покрытая шпоном	475	Д2
Бумажно-слоистый пластик	130	Д2
Картон	650	Д3

Таблица 5.5. Состав основных продуктов горения целлюлозных материалов

Продукты горения	Выход, мг/г, летучих продуктов при горении	
	картона	бумаги
Диоксид углерода	582,6	654,5
Оксид углерода	229,1	191,4
Ацетилен	131,9	93,8
Ацетон	42,2	22,9
Фенол	14,2	0,2
Оксиды азота	1,2	0,41
Акролеин	,93	6,44
Формальдегид	0,93	0,6
Цианистый водород	0,09	0,125
Бензол	< 0,01	< 0,01
Диэтиловый эфир	< 0,01	< 0,01

Древесно-волоконистые плиты в зависимости от вида полимерного связующего по дымообразующей способности могут относиться к группам Д2 или Д3.

В продуктах горения целлюлозных материалов обнаружено более двухсот летучих соединений, определяющих их токсичность. Важнейшие из них представлены в табл. 5.5.

Веществом, определяющим токсичность продуктов горения целлюлозных материалов, является оксид углерода.

5.2. Пожарная опасность отделочных и облицовочных строительных материалов

Строительные материалы, применяемые для устройства и облицовки стен и потолков, подразделяются на:

- 1) конструкционные;
- 2) конструкционно-отделочные;
- 3) отделочные.

В качестве *конструкционных* наиболее часто используются неорганические материалы: кирпич, гипс, обычный и легкий бетоны. Иногда применяются древесно-волоконистые и древесно-стружечные плиты.

Стекло- и бумажно-слоистые пластики выполняют роль *конструкционно-отделочных материалов*.

Отделочными материалами служат декоративные поливинилхлоридные рейки, полистирольные плитки, пленки. Широко распространены отделочные материалы на основе бумаги — обои.

Полимерные облицовочные материалы изготавливают из поливинилхлорида, полистирола, полиэтилена, полиэфиров, фенолформальдегидных смол.

При оценке пожарной опасности отделочных материалов следует учитывать условия их применения. Например, в исходном состоянии бумажные обои являются, безусловно, горючим легковоспламеняемым материалом, но их пожарная опасность меняется после наклеивания на бетонную или оштукатуренную поверхность. В последнем случае воспламенение бумажных обоев и распространение пламени по ним возможно только под длительным воздействием мощного источника зажигания.

Наибольшее распространение в качестве отделочных получили материалы на основе поливинилхлорида (ПВХ). Они применяются в виде листов, реек, плиток, панелей и пленок. Поливинилхлоридные листы типа "Полидекор" используются для облицовки стен и потолков общественных и административных зданий. Они имеют рельефную поверхность и относятся к группе горючих

трудновоспламеняемых материалов. Такие же характеристики пожарной опасности имеют поливинилхлоридные плитки, поверхность которых может имитировать мрамор или ткань.

Поливинилхлоридные пленки с нанесенным на поверхность рисунком или теснением применяют для отделки стен жилых и общественных зданий. Используется также декоративная отделочная пленка из ПВХ, имеющая клеевой слой, защищенный специальной бумагой. Такая пленка служит для отделки предварительно подготовленных внутренних поверхностей стен жилых и общественных зданий, дверных полотен. Подобная пленка толщиной 0,28 мм, наклеенная на бетонную или оштукатуренную стену, относится к группе Г2 (умеренногорючих материалов).

Безосновный облицовочный материал “Винистен” представляет собой одно- или многоцветную поливинилхлоридную пленку, имитирующую ценные породы древесины; группа горючести — Г3.

В качестве отделочных материалов применяют также поливинилхлоридные пленки с бумажной или тканевой подосновой. Наиболее распространенными материалами подобного типа являются “Девилон” и “Изоплен”.

“Девилон” — декоративный стеновой материал на бумажной подоснове, используемый для отделки стен внутри сухих отапливаемых помещений. В зависимости от состава исходного сырья он может относиться к группам горючести Г2 или Г3.

“Изоплен” состоит из вспененного слоя ПВХ, бумажной или тканевой основы. Его выпускают трех видов: толщиной 0,9 мм для отделки стен и перегородок жилых и бытовых помещений общественных зданий; толщиной 1,6 мм для декоративно-отделочных работ и отделки стен бытовых помещений производственных зданий; толщиной 4,5 мм для обивки дверей и отделки помещений с повышенными требованиями к звукоизоляции. Модификация данного материала — “Пеноплен” — выпускается толщиной от 1,2 до 4,5 мм. Группа горючести различных марок “Изоплена” находится в пределах Г2–Г3.

Материал “Павинол”, получаемый путем дублирования пленки из ПВХ на хлопчатобумажной или тканевой основе с эластичным пенополиуретаном, относится к группе сильногорючих (Г4) легковоспламеняемых (В3) материалов.

Для отделки внутренних стен, перегородок, прямоугольных колонн, фрамуг и декоративных сооружений применяют поливинилхлоридные жалюзные, коробчатые и шиферные рейки. Рейки выпускают различных цветов и размеров. Группа горючести этих материалов зависит от состава сырья, используемого для их изготовления, и колеблется в пределах Г2–Г3.

Высокую пожарную опасность представляют собой отделочные материалы на основе полистирола, полипропилена, полиэтилена и полиметилметакрилата. Они легко воспламеняются от малокалорийных источников зажигания и интенсивно горят. В процессе горения эти материалы плавятся, что существенно затрудняет процесс тушения пожара.

К недостаткам материалов на основе полистирола относится их низкая теплостойкость, не превышающая 65°C, а также высокая дымообразующая способность.

Для декоративной отделки стен внутри помещений и изготовления отделочных панелей фасадов домов используют армированные пластики, в первую очередь — стеклопластики. В качестве связующих при получении подобных материалов применяются непредельные олигоэфирные олигоэфирмалеинаты и олигоэфиракрилаты. Они отверждаются при невысоких температурах без выделения побочных продуктов, что обеспечивает возможность совмещения в одной технологической операции процессов полимеризации и изготовления изделий.

Наиболее широко при производстве стеклопластиков используются связующие на основе композиций олигоэфирмалеинатов и олигоэфиракрилатов, не содержащие в своем составе летучих токсичных мономеров. Одновременно с улучшением экологических характеристик их применение позволяет получать материалы с высокими физико-механическими показателями. Получаемые на их основе трехмерные полиэфиры относятся к группе горючих материалов с высокой дымообразующей способностью. На пожароопасные свойства существенное влияние оказывают следующие факторы: содержание и химическое строение мономеров, тип инициаторов полимеризации и их концентрация. Так, с уменьшением степени ненасыщенности и, соответственно, плотности сшивки, увеличением доли малеинатных или фумаратных звеньев горючесть сополимеров олигоэфиров со стиролом возрастает. При концентрации 0,2 моля малеинового ангидрида в олигоэфире, содержащем 27% связанного хлора, сополимеры относятся к группе Г2, а при концентрации, превышающей 0,3 моля — к группе Г3. Горючесть полиэфиров повышается также при переходе от этиленгликоля к диэтилен- и пропиленгликолям. К снижению горючести приводят замена концевых метакриловых групп в олигоэфирмалеинатах на акриловые, а также введение в состав алифатических гликолей соединений с простыми эфирными связями. Полиэфиракрилаты, полученные на основе алифатических кислот, имеют более низкие значения КИ по сравнению с полиэфирами на основе ароматических кислот. Зафиксирована тенденция к увеличению КИ по-

лимеров при переходе к полифункциональным олигоэфирмалеинатам, содержащим более двух концевых ненасыщенных групп.

Присутствие карбонатных групп в полимерах подобного типа сопровождается увеличением гибкости цепи, степени полимеризации, снижением остаточных напряжений в материалах. В процессе их термического разложения в условиях горения в значительных количествах выделяется CO_2 , который играет роль флегматизатора горючих газообразных продуктов в зоне пламенного горения. Горючесть полимеров снижается при наличии атомов хлора в молекулах эфиров. Наблюдения показывают, что характер изменения КИ, термодинамической устойчивости олигомеров и полимеров на их основе одинаков. Это означает, что термостойкость полимеров является важным фактором, определяющим закономерности образования горючих газообразных продуктов.

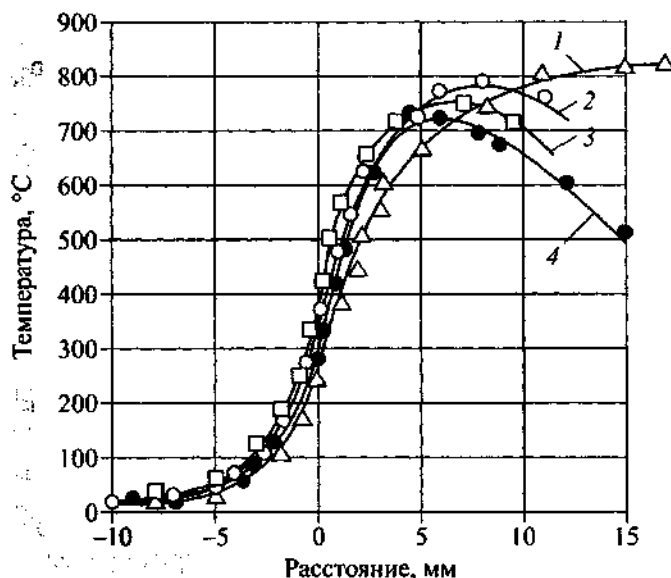
Влияние химического строения олигоэфирмалеинатов на горючесть получаемых на их основе полимеров достаточно заметно проявляется при определении КИ в условиях распространения пламени по горизонтальной поверхности.

Основные показатели горения полиэфирметакрилатов приведены в табл. 5.6.

Температурные профили ламинарного диффузионного горения полиэфирметакрилатов (рис. 5.1) характеризуются следующими зонами горения: прогрева, пиролиза полимера, холоднопламенная, интенсивных реакций в пламени, продуктов сгорания. Толщина зоны пиролиза составляет 0,4–1,0 мм. Темпе-

Таблица 5.6. Основные показатели горения полиэфирметакрилатов

Показатель	Марка полиэфирметакрилата				
	ТГМ-3	ОКМ-2	ОКМ-8	ОКМ-11	ОКМ-12
Температура самовоспламенения, °С:					
— в воздухе	420	—	420	440	410
— в кислороде	295	—	330	340	350
КИ, %	16,7	17,9	18,2	18,5	19,3
Скорость горения в условиях КИ, м/(с · 10 ⁻⁵)	4,2	5,3	4,8	6,7	6,1
Теплота сгорания, кДж/моль	7184	—	8045	2218	—
Температура поверхности при горении, °С	300	350	—	360	320
Максимальная температура пламени при горении в условиях КИ, °С	825	760	—	780	720



◀ Рис. 5.1. Температурные профили при горении полимеров на основе олигоэфирметакрилатов (ноль на оси абсцисс соответствует поверхности горящего образца):
 1 — ТГМ-3;
 2 — ОКМ-11;
 3 — ОКМ-2;
 4 — ОКМ-12

ратура поверхностного слоя горящего полимера намного превышает 300°C, что обеспечивает термическое разложение полиэфирметакрилатов в этом слое с разрывом химических связей основной цепи полимера. Предположительно, при горении трехмерных полиэфиров существенную роль в процессе разложения конденсированной фазы и образовании летучих продуктов играет кислород воздуха.

Помимо полиэфирных для изготовления стеклопластиков используют эпоксидные и фенолформальдегидные смолы. В основном такие стеклопластики по горючести относятся к группе ГЗ, их теплота сгорания составляет ~20 000 кДж/кг.

Токсичность продуктов горения стеклопластиков превышает соответствующий показатель древесины, при их горении выделяется большое количество дыма (табл. 5.7).

Для получения стеклопластиков пониженной воспламеняемости применяют полиэферы марок ПН-3с, ПНТС-1, ПН-6, ПН-7, ПН-62, ПН-68, фенолформальдегидные полимеры. Стеклопластики на основе фенолформальдегидных и кремнийорганических полимеров отличаются повышенной горючестью и низкой дымообразующей способностью.

Обобщенные характеристики пожарной опасности стеклопластиков приведены в табл. 5.8.

Таблица 5.7. Дымообразующая способность стеклопластиков

Вид стеклопластика	Режим испытаний	Коэффициент дымообразования, м ² /кг	Группа дымообразующей способности
Полиэфирный стеклопластик "Синплекс"	Тление	608	Д3
Волокнистый листовой полиэфирный стеклопластик (ОСТ 6-11-390-75)	Тление	612	Д3
Стеклопластик (ТУ 6-11-10-62-81)	Тление	644	Д3
Стеклотекстолит	Горение	92	Д2

Таблица 5.8. Пожарная опасность стеклопластиков

Вид стеклопластика	Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Полиэфирные	Г2-Г3	В2	Д2	Т2
Эпоксидные	Г1	В1	Д2	Т2-Т3
Фенолформальдегидные	Г2-Г3	В2	Д2	Т2-Т3

5.3. Пожарная опасность напольных покрытий

В качестве напольных покрытий применяются линолеумы и ковровые покрытия.

Линолеумы изготавливают на основе поливинилхлорида (ПВХ) нескольких видов: одно- и многослойные на тканевой основе, на теплозвукоизоляционной войлочной или пористой основе.

Основные физико-химические свойства ПВХ, используемого для производства напольных покрытий, приведены ниже:

Плотность при 20°С, кг/м ³	1350-1430
Температура стеклования, °С.	78-105
Разрушающее напряжение, МПа:	
— при растяжении	40-60
— при сжатии	78-160
— при изгибе	80-120
Твердость по Бринеллю, МПа.	125-155
Теплостойкость по Мартенсу, °С	50-80
Водопоглощение за 24 ч, %	0,4-0,6

Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,15–0,17
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)	1,0–2,13
Теплота сгорания, кДж/кг	17 000–18 000

При развитии пожара в помещении материалы покрытий полов, находясь в зоне относительно низких температур, воспламеняются и горят в последнюю очередь. Воздействие температуры пожара приводит к их термическому разложению, при котором выделяется большое количество токсичных газообразных веществ и дыма. Знание показателей, характеризующих эту сторону пожарной опасности ковровых покрытий, позволяет выбирать для практического применения наиболее пожаробезопасные из них, прогнозировать процесс задымления путей эвакуации при развитии пожара.

Состав продуктов пиролиза линолеумов на основе ПВХ изменяется в широких пределах в зависимости от условий испытаний (скорости нагрева, температуры, коэффициента избытка воздуха) и состава композиционных материалов. До температуры 330–350°C деструкция ПВХ протекает с отщеплением HCl, при этом практически не наблюдается разрыва полимерных цепей. В интервале температур 350–450°C в результате термохимических процессов в газовой фазе появляются алифатические и ароматические предельные и непредельные углеводороды. В дальнейшем, при температуре порядка 600°C около 95% ПВХ превращается в HCl, CO и CO₂, а остальное — в углеводороды различного химического строения.

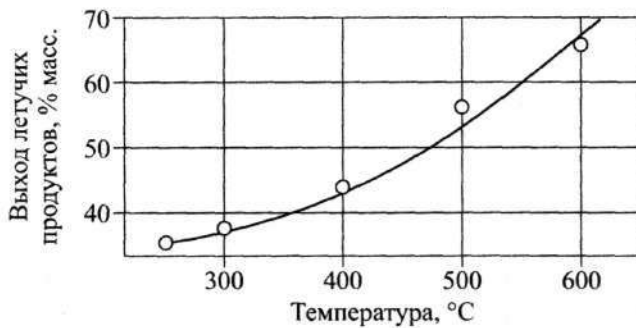
Основными токсичными компонентами продуктов термического разложения и горения ПВХ материалов являются оксид углерода и хлористый водород. При температуре 600°C выделяется 55 мг/г HCl и 20 мг/г CO. Количество газообразных продуктов с ростом температуры увеличивается (рис. 5.2 и 5.3). HCl и CO в совокупности обладают комбинированным действием: CO избирательно действует как кровяной яд, а HCl оказывает раздражающее действие.

По токсичности продуктов горения ПВХ линолеумы относятся в зависимости от их композиционного состава к группам Т2–Т3. При этом токсичность продуктов горения в интервале температур пиролиза (500–850°C) и при коэффициенте избытка воздуха > 1 остается примерно на одном уровне (табл. 5.9).

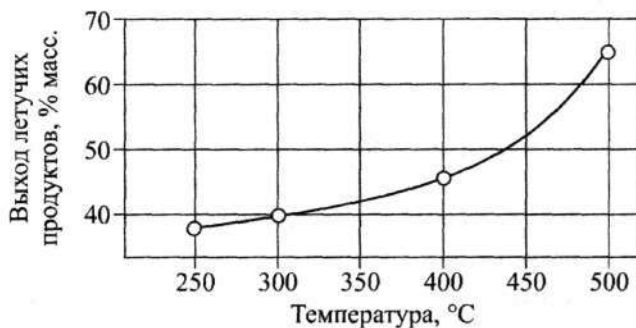
По сравнению с другими полимерными материалами гибель подопытных животных при испытаниях на токсичность продуктов горения в случае с ПВХ материалами наступает с некоторым замедлением: через 5–12 сут. после токсического воздействия.

Скорость выделения СО при горении ПВХ линолеумов повышается при снижении их горючести, что, по-видимому, связано с ускорением поверхностного окисления образующегося слоя кокса.

При температуре свыше 300°C продукты термического разложения ПВХ линолеумов воспламеняются. Теплота сгорания различных типов линолеумов колеблется в пределах 14 000–18 000 кДж/кг. Для большинства из них характерна относительно невысокая скорость распространения пламени по поверхности.



◀ Рис. 5.2. Изменение выхода летучих продуктов с ростом температуры при термическом разложении плитки ПВХ



◀ Рис. 5.3. Изменение выхода летучих продуктов с ростом температуры при термическом разложении ПВХ линолеума на войлочной основе

Таблица 5.9. Токсичность продуктов горения линолеумов на основе ПВХ

Тип линолеума	Значение H_{CL50} , г/м ³ , при температуре пиролиза			Содержание карбоксигемоглобина в крови, НbCO, %	Выделение токсичных газов при 850°C, мг/г	
	400	600	800		СО	НCl
ГТН-2	> 165	58	59	46 ± 2	100,0	46,6
Экструзионный с печатной пленкой	> 165	86	61	43 ± 0,9	69,3	37,7
Вальцово-каландровый	> 165	43	44	43 ± 2,1	79,0	72,0

Допустимые (по санитарным нормам) опасные концентрации газов, выделяющихся при термическом разложении ПВХ линолеумов, следующие:

Газ	Концентрация, мг/л
Диоксид углерода	9,85
Оксид углерода	0,02
Метан, этан, пропан, бутан	0,3
Этилен, пропилен, бутилен	0,1
Хлористый водород	0,005
Хлор	0,001

При концентрации в воздухе хлористого водорода 4,5 мг/л или хлора 0,7 мг/л смерть человека наступает через 5–10 мин.

Обобщенные характеристики пожарной опасности линолеумов приведены в *Приложении 3*.

Материалами для изготовления ковровых покрытий служат: шерсть, вискоза, полиамид, полипропилен или их сочетания. В зависимости от технологии производства ковровые покрытия подразделяются на четыре группы: тканые, ворсопрошивные (тафтинговые), клеевые (нетканые) и иглопробивные (войлочные). Тканые и ворсопрошивные ковры могут изготавливаться на вспененной подоснове.

Пожарная опасность ковровых покрытий определяется свойствами материала, примененного для их изготовления, и высотой ворса. В общем случае она снижается в ряду материалов следующим образом: полипропилен → вискоза → полиамид → шерсть. Наиболее пожароопасны ковровые покрытия из полипропиленовых волокон, они легко воспламеняются, интенсивно горят, выделяя значительное количество дыма и токсичных продуктов. Наименее пожароопасны шерстяные ковровые покрытия, они отличаются пониженной воспламеняемостью и горючестью.

Характеристики пожарной опасности некоторых видов ковровых покрытий приведены в *Приложении 3*.

5.4. Пожарная опасность теплоизоляционных материалов

Большое разнообразие материалов, применяемых в качестве тепловой изоляции, определяет широкий спектр их пожароопасных свойств.

Неорганические теплоизоляционные материалы

Минеральная вата представляет собой теплоизоляционный материал, состоящий из тонких минеральных волокон, получаемых распылением жидкого расплава горных пород.

Таблица 5.10. Характеристика минераловатных теплоизоляционных материалов

Наименование материала	ГОСТ, ТУ	Содержание связующего, % масс.	Объемная масса, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Группа горючести
Маты минераловатные прошивные, марка: 75 100 125	ГОСТ 21880-86	1,51	88	0,041	НГ
		1,51	88	0,045	НГ
		1,51	88	0,049	НГ
Плиты минераловатные на синтетическом связующем, марка Н200	ГОСТ 22950-95	6,0 8,0	218	0,047	Г2
Плиты теплоизоляционные минераловатные на связующем: — синтетическом, марка плиты: 75 125 175 175 200 — битумном — крахмальном	ГОСТ 9573-82	2,92	57	0,043	НГ
		2,92	100	0,044	НГ
		3,0	160	0,052	НГ
		6,2	160	0,052	Г1
		6,4	155	0,058	Г2
	ГОСТ 10140-80	4,0	50	0,054	НГ
		4,0	100	0,057	НГ
		14,0	150	0,060	Г2
		15,0	200	0,063	Г2
		15,0	250	0,065	Г2
	ГОСТ 9573-96	1,5-3,0	50	0,040	НГ
		2,0-3,0	75	0,043	НГ
		2,5-4,0	125	0,044	НГ
		3,5-4,0	175	0,052	НГ
		5,0-7,0	200	0,052	Г2
		6,0-8,0	50	0,037	Г3
Изделия минераловатные с гофрированной структурой для промышленной тепловой изоляции	ТУ 36.16.22-8-86	4,11	75	0,041	НГ
		4,11	100	0,042	НГ

На основе минеральной ваты изготавливают минераловатные плиты, скорлупы и маты, для этого применяют полимерные или битумные связующие. Плиты из минеральной ваты на полимерном связующем имеют объемную массу в пределах 55–220 кг/м³ и коэффициент теплопроводности от 0,04 до 0,065 Вт/(м·К), максимальная температура их применения — 200°С. Плиты на битумном связующем характеризуются объемной массой 50–250 кг/м³ и коэффициентом теплопроводности 0,055–0,065 Вт/(м·К).

Горючесть теплоизоляционных материалов на основе минеральной ваты зависит от вида и, главным образом, количества связующего (табл. 5.10).

Материалы из стекла применяются в виде стекловаты и ячеистого стекла.

Стекловату изготавливают из сырья, предназначенного для стеклопроизводства, и из расплава стеклянного боя. Получающиеся при этом волокна существенно прочнее волокон минеральной ваты. Объемная масса стекловаты — 130 кг/м³, коэффициент теплопроводности — 0,05 Вт/(м·К), максимальная температура применения — 450°С.

Теплоизоляционные материалы из стеклянного штапельного волокна URSA марок П-45 и М-25, выпускаемые по ТУ 5762-002-05765227-93, являются негорючими материалами. Характеристика других материалов данного вида приведена в табл. 5.11.

Таблица 5.11. Характеристика теплоизоляционных материалов из стеклянного штапельного волокна

Марка материала	ГОСТ	Содержание связующего, % масс.	Объемная масса, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Группа горючести
ППТ 50	ГОСТ	10,7	32	0,042	Г2
ППТ 75	10499-78	10,7	57	0,044	Г2
МС 50		4,8	73	0,040	НГ
МС 50		4,8	73	0,042	НГ
ППС 50	ГОСТ	8,2	32	0,042	Г2
ППС 75	10499-78	8,2	59	0,042	Г2

Ячеистое стекло — высокопористый материал, который получают обжигом при температуре ~1000°С смеси измельченного стекла с газообразователем — известняком или коксом. Объемная масса ячеистого стекла — 200–400 кг/м³, коэффициент теплопроводности — 0,128 Вт/(м·К), максимальная температура применения — 800°С. Выпускается в виде негорючих блоков и плит.

Теплоизоляционные материалы органического происхождения

Этот вид материалов получают на основе растительного сырья и отходов: древесных стружек, опилок, костры, камыша, торфа.

Торфоплиты — наиболее распространенный теплоизоляционный материал органического происхождения. Их получают горячим прессованием. При температуре 120–150°C содержащиеся в торфе коллоидные вещества склеивают его волокна, что обеспечивает торфоплитам необходимую жесткость. Объемная масса торфоплит — 170–250 кг/м³, коэффициент теплопроводности — 0,06–0,07 Вт/(м·К).

Торфоплиты являются легковоспламеняемыми (В3), сильногорючими (Г4) материалами. Их особенностью выступает возможность горения в режиме тления, что существенно затрудняет тушение пожаров с участием указанных материалов. Неоднократные попытки снизить пожарную опасность торфоплит к положительным успехам не приводили.

Пенопласты — полимерные теплоизоляционные материалы, получаемые на основе как термопластичных, так и термоактивных полимеров. Из термопластичных полимеров наибольшее распространение получили пенополистирол и пенополивинилхлорид.

Пенополистирол — полимер, получаемый полимеризацией ненасыщенного углеводорода — стирола. В зависимости от метода полимеризации молекулярная масса полистирола колеблется в пределах от 50 000 до 200 000. Данный материал характеризуется следующими физико-механическими и теплофизическими свойствами:

Плотность, кг/м ³	1050–1070
Разрушающее напряжение, МПа:	
— при сжатии	80–100
— при изгибе	87–105
— при растяжении	40–45
Ударная вязкость, кДж/м ²	15,7–19,6
Твердость по Бринеллю, МПа	137,3–196,2
Водопоглощение за 24 ч, %	0,04
Теплостойкость, °С:	
— по Маргенсу	75–85
— по Вику	95–105
Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К).	1,34
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,093–0,162

В строительстве полистирол применяется в основном в виде пенопластов, облицовочных плиток для стен и потолков и сантехнических изделий. Недостатками полистирола, ограничивающими его использование в строительстве, являются низкая теплостойкость, хрупкость, повышенная пожарная опасность.

Большинство марок пенополистирола являются легковоспламеняемыми горючими материалами. Температура воспламенения находится в пределах 210–310°C (в зависимости от химического состава), температура самовоспламенения — 420–440°C, теплота сгорания — 31 000–42 000 кДж/кг. Пенополистирол горит в расплавленном состоянии с обильным выделением дыма и сажи, при этом выделяются следующие продукты, мг/г: 2142,7 диоксида углерода; 70,5 оксида углерода; 11,8 цианистого водорода; 4,9 бензола; 1,2 оксида азота; 0,53 ацетона; 0,31 стирола; 0,01 фенола.

Некоторые фирмы-производители пенополистирола ввели в обозначение своей продукции термин *самозатухающий* (ПСБ-С). Использование этого термина не должно вводить в заблуждение: “самозатухающих” видов пенополистирола в природе не существует. Явление “самозатухания” наблюдается в процессе зажигания снизу листа вертикально расположенного пенополистирола пламенем газовой горелки. При контакте с пламенем происходит термическая усадка вследствие очень низкой теплостойкости материала. В результате горючие продукты удаляются из зоны воздействия источника зажигания быстрее, чем происходит их воспламенение. Изменение условий воспламенения, например как в стандартном методе испытаний на воспламеняемость, сопровождается быстрым зажиганием пенополистирола.

Крупные пожары с катастрофическими последствиями привели к запрету использования пенополистирола в качестве утеплителя кровель на объектах, имеющих важное народнохозяйственное значение.

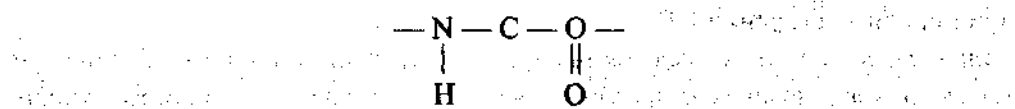
Характеристики пожарной опасности некоторых видов пенополистирольных плит приведены в *Приложении 4*.

Длительное время попытки уменьшения пожарной опасности пенополистирола заканчивались неудачно. Однако в последние годы разработчикам строительных материалов удалось понизить горючесть пенополистирола до Г3, а воспламеняемость — до В2.

Поливинилхлорид (ПВХ). Все марки пенопластов на основе ПВХ классифицируются как горючие материалы. При этом горючесть в зависимости от состава изменяется от Г3 до Г1. Температура воспламенения находится в пределах 400–430°C, температура самовоспламенения — около 500°C. При сгорании вы-

деляется большое количество дыма. Продукты сгорания токсичны, в них содержится значительное количество HCl.

Пенополиуретан (ППУ) — высокомолекулярное соединение, содержащее в основной цепи уретановые группы



Термостойкость и горючесть полиуретанов определяются наличием в полимерных цепях различных типов связей и функциональных групп.

В строительстве наиболее распространены жесткие ППУ. Их использование для изготовления сэндвич-панелей взамен панелей из легкого бетона в десять раз снижает трудозатраты на производство и транспортирование. Герметизация стыков панелей, оконных и балконных блоков пенополиуретаном снижает тепловые потери при эксплуатации зданий и сооружений. Применение пенополиуретанов в качестве тепловой изоляции промышленных трубопроводов обеспечивает высокие технико-экономические показатели процессов транспортирования теплоносителей к потребителям, существенно увеличивает сроки службы трубопроводов.

ППУ имеют повышенную пожарную опасность. При температуре $> 170^\circ\text{C}$ они начинают разлагаться с выделением горючих и одновременно токсичных газообразных продуктов: изоцианатов, цианистого водорода, оксида и диоксида углерода, насыщенных и ненасыщенных углеводородов. Концентрация изоцианатов и цианистого водорода настолько велика, что представляет опасность для жизни человека.

Большинство промышленных марок ППУ относится к группе легкогорючих материалов (*Приложение 4*). Они имеют температуры: воспламенения — $350\text{--}450^\circ\text{C}$, самовоспламенения — $480\text{--}540^\circ\text{C}$. Удельная теплота сгорания находится в пределах $21\,000\text{--}24\,500$ кДж/кг. Скорость распространения пламени по поверхности составляет $1,4\text{--}2,0$ см/мин, что существенно выше соответствующего показателя для древесины.

ППУ, полученные на основе полиметилениполифенилизоцианата, характеризуются максимальной температурой начала деструкции, выделением при горении наибольшего количества дыма, невысокой скоростью горения.

ППУ на основе толуиленидиизоцианата отличаются низкой температурой начала разложения. При горении они плавятся без обугливания и выделяют небольшое количество дыма.

В интервале температур 200–300°C ППУ разлагаются с выделением желтого дыма, содержащего большое количество толуилсндиизоцианата. При температуре выше 800°C продукты разложения включают в себя азотсодержащие вещества: цианистый водород, ацетонитрил, акрилонитрил, пиридин и нитробензол. Кроме цианистого водорода и диизоцианатов значительную опасность при пиролизе и горении ППУ представляет оксид углерода. На воздухе максимальное количество СО выделяется при 600°C. В этих условиях из 1 г полиуретана на основе сложных эфиров выделяется 0,295 г, а на основе простых эфиров — 0,440 г оксида углерода (табл. 5.12).

Таблица 5.12. Состав и количество токсичных продуктов горения ППУ

Количество токсичных продуктов горения, мг/г	ППУ-317	ППУ-316М
Диоксид углерода	1022,0	1003,0
Оксид углерода	98,2	104,2
Фенол	7,38	2,9
Цианистый водород	–	6,7
Ацетилен	1,6	–
Оксиды азота	1,2	6,0
Ацетон	–	1,6

Введение антипиренов, снижающих горючесть и воспламеняемость ППУ, изменяет качественный и количественный составы продуктов их горения. При этом в процессе горения развиваются более высокие температуры и образуется большее количество токсичных веществ. При температуре 500°C выделяются цианистый водород, аммиак и оксид углерода; при 800°C — цианистый водород, ацетонитрил, акрилонитрил, бензонитрил и пиридин; при 1000°C в продуктах пиролиза преобладает цианистый водород.

В тех случаях, когда в качестве антипиренов используют фосфор- или галоидсодержащие соединения, токсичность продуктов горения увеличивается.

Большинство марок ППУ по горючести относится к группе Г4, по воспламеняемости — В3, по дымообразующей способности — Д3, по токсичности продуктов горения — Т3.

Фенолформальдегидные полимеры представляют собой смесь продуктов конденсации фенола с формальдегидом в присутствии щелочных катализато-

ров. Для получения пенопластов на их основе применяют вспенивающий агент — продукт ВАГ — водный раствор продуктов конденсации сульфофенолмочевины и формальдегида в смеси с ортофосфорной кислотой. Фенольная смола является продуктом конденсации фенола и альдегида. При смешении жидких фенолформальдегидных смол с ортофосфорной кислотой происходит отверждение пенопластов при комнатной температуре.

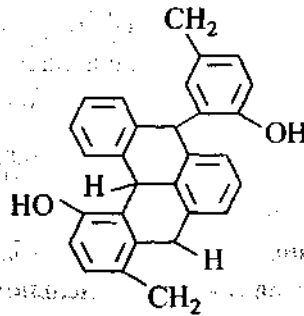
Поскольку фенолформальдегидные пенопласты являются материалами с сильно разветвленной пористой структурой, они обладают малой плотностью и высокими теплоизоляционными свойствами (табл. 5.13). Применение фенолформальдегидных пенопластов в крупнопанельном домостроении позволяет уменьшить массу ограждающих конструкций, повысить уровень заводской готовности строительных конструкций, упростить и снизить стоимость строительного-монтажных работ.

Таблица 5.13. Физико-химические свойства фенопенопластов

Пенопласты	Плотность, кг/м ³	Удельная поверхность, м ² /м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)
Виларес-1	50	20 300	0,040	0,34
Виларес-Н	60	—	0,040	0,34
Виларес РНП	40	19 200	0,037	0,24
Виларес-400	60	23 000	0,058	0,36
Виларес РНП-1	—	—	0,037	—
ФРП-1	60–80	—	0,043	—
ЛФП-1	100	—	0,045	—
Викорт	20	—	0,037	—

Выделяя при горении относительно немного дыма, фенолформальдегидные пенопласты образуют высокотоксичные продукты горения. Это обусловлено большим содержанием в составе летучих продуктов СО (до 670 мг/г). Влияние оксида углерода в общетоксическом эффекте является преобладающим. Термоокисление фенолформальдегидных пенопластов протекает по предварительно пиролизированному слою. Газообразными продуктами термической деградации являются: СО, фенол, формальдегид, аммиак, СО₂. Конечными про-

дуктами пиролиза выступают соединения сложной химической структуры, в том числе конденсированные полициклические углеводороды, например

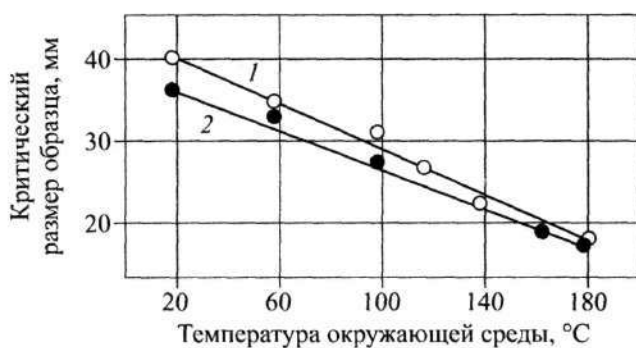


Под воздействием тепловых потоков фенолформальдегидные полимеры вспучиваются, разрушаются, образуют обугленный слой, который постепенно полностью выгорает. Они характеризуются возможностью возникновения и развития в них процессов тления, носящих долговременный и скрытый характер. Отличительными особенностями процесса тления являются низкие значения теплового потока, необходимые для его реализации, долговременный характер развития и низкие скорости распространения. Для фенолформальдегидных пенопластов скорость распространения фронта тления составляет $1 \cdot 10^{-4}$ см/с.

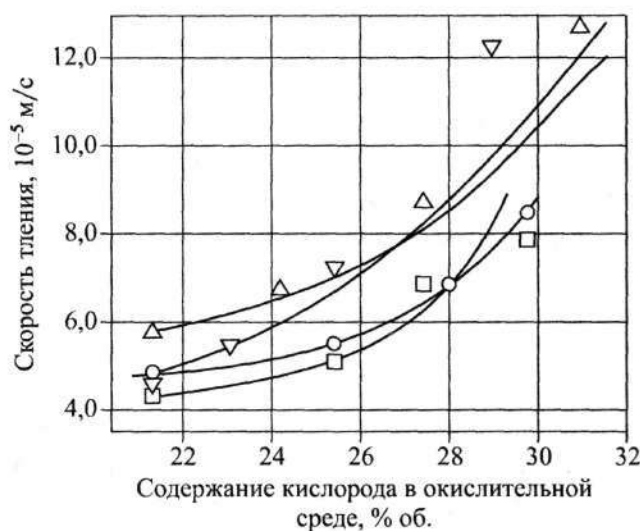
В упрощенном виде фронт распространения тления можно представить состоящим из двух зон: зоны предварительного прогрева, в которой происходит пиролитическое разложение полимера с образованием углеродного остатка, являющегося горючим компонентом для реакции во второй зоне, где осуществляется гетерогенная реакция окисления этого горючего остатка, сопровождающаяся возрастанием температуры и выделением тепла, за счет которого осуществляется реакция пиролитического разложения в зоне прогрева.

Распространение тления в фенолформальдегидных пенопластах представляет собой многостадийный термохимический процесс, обусловленный закономерностями теплопередачи и химическими превращениями в зонах пиролиза и очага тления пиролизованного материала. На возникновение и развитие тления существенное влияние оказывают размеры материала, состав и температура газовой среды, в которой находится пласт. Для каждого материала характерен свой критический размер образца, уменьшение которого приводит к преобладанию теплоотвода из зоны тления над теплоприходом, в результате чего происходит прекращение тления. С ростом температуры окружающей среды критический размер материала снижается (рис. 5.4).

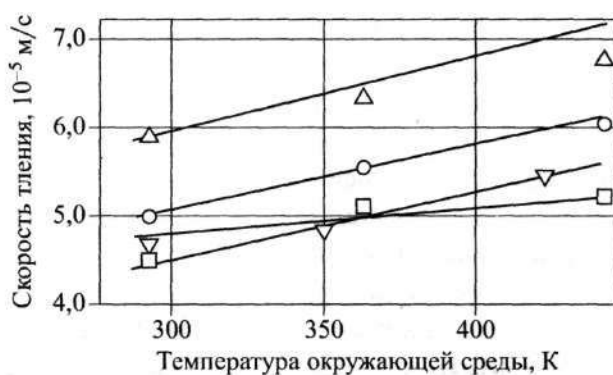
Увеличение содержания кислорода в окислительной среде (рис. 5.5) и повышение температуры среды (рис. 5.6) ускоряют процессы тления.



◀ **Рис. 5.4.** Зависимость критического размера материала от температуры окружающей среды:
1 – Виларес РНП;
2 – Виларес-1



◀ **Рис. 5.5.** Зависимость скорости распространения фронта тления в пенопластах от содержания кислорода в окислительной среде:
○ – Виларес-1;
△ – Виларес РНП;
□ – Виларес-Н;
▽ – Виларес-400

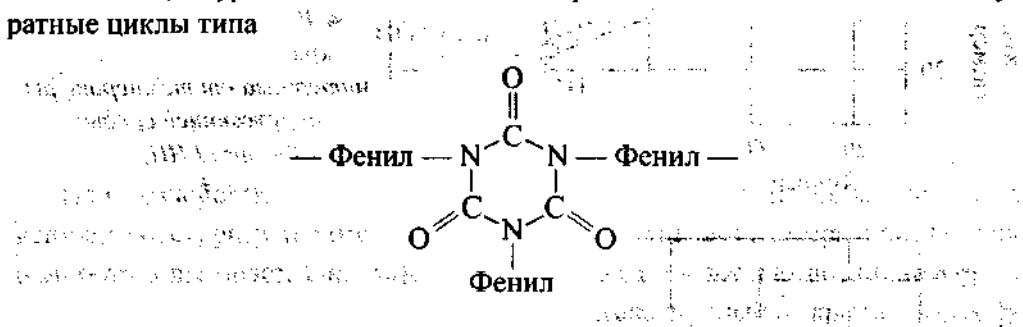


◀ **Рис. 5.6.** Зависимость скорости распространения фронта тления в пенопластах от температуры окружающей среды:
□ – Виларес-1;
△ – Виларес РНП;
▽ – Виларес-Н;
○ – Виларес-400

Пенопласты на основе фенолформальдегидных полимеров обладают повышенной теплостойкостью и одновременно пониженной горючестью, воспламеняемостью и дымообразующей способностью (Приложение 4).

Фенолформальдегидные полимеры имеют КИ в пределах 30–35, температуру воспламенения от 450 до 460°C, температуру самовоспламенения от 500 до 550°C, теплоту сгорания ~21 000 кДж/кг.

Полиизоциануратные пенопласты, содержащие в своем составе изоциануратные циклы типа



отличаются повышенной термостойкостью.

Чистые полиизоциануратные пенопласты не нашли практического применения из-за их высокой хрупкости. Для увеличения эластичности и, соответственно, механической прочности в исходные композиции вводят гидроксилсодержащие соединения. Получающиеся в результате материалы могут эксплуатироваться при температурах до 180°C. Они имеют температуру размягчения 200–250°C. Некоторые физико-механические свойства и величина КИ пенопластов подобного типа показаны в табл. 5.14.

Высокая термостойкость пенополиизоциануратов обусловлена значительным содержанием ароматических и изоциануратных циклов. Распад изоциануратных циклов протекает при температурах 270–350°C, а деструкция уретановых связей — при 160–200°C. Образующийся на поверхности пенопласта карбонизированный слой предохраняет нижележащие слои от прогрева и разложения.

Пожарная опасность полиизоциануратных пенопластов определяется не только долей уретановых связей в молекуле полимера, но и типом полиолов и катализаторов полимеризации изоцианатов. В зависимости от типа гидроксилсодержащих соединений относительная горючесть полиизоциануратных пенопластов снижается в следующей последовательности: простые полиолы < сложные полиолы < фосполиол < фосдиол < фосбромполиол. Молекулярная масса и функциональность простых олигоэфиров практически не влияют на горючесть пенопластов подобного типа. С ростом содержания гидро-

Таблица 5.14. Физико-химические характеристики полиизоциануратных пенопластов типа Изолан

Пенопласт	Разрушающее напряжение, МПа				Хрупкость, %	КИ, %
	при сжатии	при растяжении	при сдвиге	при изгибе		
Изолан-3 "М"	0,22–0,45	0,20–0,40	0,13–0,18	0,26–0,50	12–25	29,0–30,5
Изолан-5 "М"	0,25–0,90	0,22–0,70	0,13–0,18	0,28–1,00	10–25	26,5–27,5
Изолан-6	0,22–0,40	0,18–0,35	0,22–0,40	0,22–0,40	5–10	28,0–29,0
Изолан-7	0,22–0,45	0,20–0,40	0,13–0,18	0,26–0,55	12–25	28,5–29,5
Изолан-9	0,22–0,45	0,15–0,30	–	0,24–0,50	12–25	28,5–29,5
Изолан-11	0,22–0,45	0,20–0,45	–	0,26–0,60	10–12	33,0–35,0
Изолан-13	0,22–0,45	0,24–0,50	0,20–0,25	0,26–0,60	8–12	26,0–27,5
Изолан-15	0,18–0,35	0,20–0,40	0,24–0,45	–	20–35	28,5–29,5

кислородсодержащих олигоэфиров в исходной композиции повышается горючесть при одновременном снижении термостойкости пенопластов.

В основном полиизоциануратные пенопласты относятся к легковоспламеняемым материалам. При горении они выделяют значительное количество дыма, продукты их сгорания высокотоксичны (Приложение 4).

5.4. Пожарная опасность кровельных материалов

Пожарную опасность кровельных материалов определяют битумы, каучуки, резино-битумные материалы и термопластичные полимеры, на основе которых они производятся.

Пожароопасные свойства твердых битумов практически не зависят от их марки и определяются качеством сырья, использованного для их получения, технологическим процессом их производства. Температура вспышки битумов различных марок колеблется в пределах 210–270°C, температура воспламенения — 300–350°C, температура самовоспламенения — 380–400°C. Битум имеет большую скорость горения и высокую дымообразующую способность.

Большое количество рулонных кровельных материалов изготавливают на основе смеси битума и регенерированной резины. К ним относятся: изол, бризол, гидроизол, фольгоизол. Все они являются горючими материалами группы Г4 с быстрым распространением пламени по поверхности.

Для снижения пожарной опасности кровель с нанесенными битумсодержащими материалами применяют гравийную засыпку. При этом допустимая пло-

щадь кровли без гравийной засыпки зависит от пожароопасных свойств материала основания кровли и кровельного материала (табл. 5.15).

Таблица 5.15. Условия применения битумсодержащих материалов

Максимально допустимая площадь кровли без гравийной засыпки, не более, м ²	Группа горючести материала основания под кровлю, не ниже	Группа горючести и распространения пламени кровельного материала, не ниже
Без ограничений > 10 000	НГ, Г1 Г2, Г3, Г4	Г2, РП2 Г2, РП2
< 10 000 6 500	НГ, Г1 Г2, Г3, Г4	Г3, РП2 Г3, РП2
5 200 3 600 2 000 1 200	НГ, Г1 Г2 Г3 Г4	Г3, РП3 Г3, РП3 Г3, РП3 Г3, РП3
3 600 2 000 1 200 400	НГ, Г1 Г2 Г3 Г4	Г4 Г4 Г4 Г4

Характеристики пожарной опасности наиболее распространенных кровельных материалов приведены в *Приложении 5*.

5.4. Пожарная опасность красок, лаков и эмалей

Пожарная опасность лакокрасочных материалов определяется их составом, в который входят: пленкообразующие вещества (связующие), тонкодисперсные органические или неорганические пигменты, растворители, наполнители, сиккативы, пластификаторы.

Связующими в *масляных* красках являются растительные масла или олифы, в эмульсионных — водные дисперсии полимеров, в клеевых — водные растворы растительных или животных клеев, в лаках — растворы природных или синтетических полимеров в органических растворителях.

Эмалевые (лаковые) краски по типу пленкообразующего вещества подразделяют на масляные, алкидные (глифталевые и пентафталевые), эпоксидные, кремнийорганические, нитроцеллюлозные, полиакриловые.

Эмульсионные (водоэмульсионные, воднодисперсионные, латексные) краски представляют собой суспензии пигментов в синтетических латексах. Наи-

более широко распространенными красками этого типа являются краски, получаемые на основе латексов гомо- и сополимеров винилацетата (поливинилацетатные эмульсионные краски), сополимеров стирола с бутадиеном (бутадиенстирольные эмульсионные краски), сополимеров акрилатов (поли-

Таблица 5.16. Пожарная опасность растительных масел

Вид масла	Плотность, кг/м ³	Температура, °С	
		вспышки	самовоспламенения
Касторовое техническое	962	220	460
Конопляное	930	230	410
Кунжутное сырое II сорта	916	235	410
Подсолнечное сырое II сорта	913	230	370
Подсолнечное рафинированное II сорта	914	225	380
Тунговое техническое	932	245	410
Хлопковое сырое I сорта	919	240	380
Хлопковое рафинированное II сорта	911	235	370

Таблица 5.17. Пожарная опасность органических растворителей

Растворитель	Температура, °С		Концентрационный предел воспламенения, % об.		Температурный предел воспламенения, °С	
	вспышки	самовос- пламенения	нижний	верхний	нижний	верхний
Ацетон	-18	535	2,7	13,0	-20	6
Бензол	-11	560	1,4	8,0	-15	13
Толуол	4	535	1,3	6,7	-	-
Изопропанол	14	430	2,2	12,7	11	42
Скипидар	34	300	0,8	-	32	53
Уайт-спирит	33	260	-	-	33	68
Растворитель:						
№646	-9	410	-	-	-9	16
№647	5	425	1,6	-	4	33
№648	13	390	1,6	-	10	40
№649	25	385	1,8	-	22	50
№651	29	245	1,6	-	27	50



◀ Рис. 5.7.
Температуры вспышки (○)
и воспламенения (●) водных
растворов изопропанола

акрилатные эмульсионные краски). Количество пленкообразующих полимеров в таких красках достигает 50–55%

Пожарная опасность красок в исходном состоянии (до нанесения на поверхность строительных конструкций) и после высыхания на поверхности существенно различается. В первом случае опасность определяется свойствами растворителя, входящего в состав краски, во втором — образовавшейся пленки.

Показатели пожарной опасности растительных масел и основных органических растворителей, применяемых для получения красок, приведены в табл. 5.16 и 5.17.

Водные растворы органических растворителей менее пожароопасны по сравнению с чистыми растворителями, однако считать их безопасными нельзя. Это подтверждается данными по температурам вспышки и воспламенения водных растворов изопропанола (рис. 5.7), из которых следует, что взрывоопасные концентрации паров могут образовываться даже над сильноразбавленными растворами. Диффузионное горение наблюдается для растворов, содержащих 20% масс. (и более) изопропанола.

Пожарная опасность пленок, образующихся после высыхания лакокрасочных покрытий на поверхности строительных конструкций, изучена пока недостаточно. Однако анализ развития пожаров по коридорам, лестничным клеткам показывает возможность распространения пламени по бетонным и оштукатуренным конструкциям, покрытым строительными красками. Ориентировочно можно считать, что распространение пламени происходит, если негорючая поверхность покрыта тремя и более слоями краски.

ГЛАВА 6

МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Под снижением пожарной опасности строительных материалов понимается:

- снижение горючести и воспламеняемости;
- снижение скорости распространения пламени по поверхности;
- уменьшение дымообразования при горении;
- снижение токсичности продуктов горения.

Необходимый результат по снижению пожарной опасности достигается химическими (изменение химической структуры компонентов, входящих в состав материала, введение в его состав антипиренов и наполнителей) и физическими (нанесением на поверхность композиций, затрудняющих воспламенение и горение) методами.

Химическими способами изменяют химическое строение и структуру полимеров, состав и соотношение компонентов, используемых для изготовления строительных материалов. Это приводит к изменению механизма и кинетики химических реакций в конденсированной и газовой фазах при термических воздействиях на материалы, флегматизации и ингибированию реакций горения продуктов пиролиза.

Использование антипиренов определяется требованиями, предъявляемыми к технологическим, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим и пожароопасным свойствам полимерных материалов. Введение антипиренов повышает стоимость строительных материалов, поэтому при их выборе необходимо учитывать весь комплекс свойств, которые приобретают материалы после введения в них антипиренов.

Физическими методами снижают интенсивность тепло- и массообмена между пламенем и конденсированной фазой. Это достигается созданием на поверхности строительных материалов теплозащитных экранов, затрудняющих прогрев материала от факела пламени и препятствующих поступлению горячих газообразных продуктов из конденсированной в газовую фазу.

6.1. Материалы на основе древесины и целлюлозы

Снижение пожарной опасности древесных материалов достигается нанесением на их поверхность огнезащитных покрытий или пропиткой огнезащитными составами.

В последние годы все большее распространение находят огнезащитные вспучивающиеся покрытия. Под воздействием повышенных температур они разлагаются с образованием газообразных соединений (в основном — негорючих) и пористого твердого продукта с низкой теплопроводностью. Наличие защитного пористого слоя на поверхности замедляет прогрев древесины и, соответственно, процесс ее термического разложения.

Огнезащитные покрытия по механизму действия, функциональному назначению и толщине подразделяются на следующие типы:

- огнезащитные обмазки толщиной 10–50 мм (для декоративных целей не используются);
- огнезащитные краски толщиной 1–5 мм (могут выполнять роль декоративных покрытий, текстура древесины при этом не сохраняется);
- огнезащитные лаки толщиной 1–3 мм (сохраняют цвет и текстуру древесины, могут выполнять роль декоративных покрытий).

В зависимости от свойств в строительстве используются: неатмосферостойкие (для сухих отапливаемых помещений с относительной влажностью воздуха не более 70%) и атмосфероустойчивые (могут эксплуатироваться в широком диапазоне температур и относительной влажности воздуха) огнезащитные покрытия. Атмосфероустойчивые покрытия не разрушаются под действием ультрафиолетовых лучей.

Огнезащитные обмазки достаточно широко применяются из-за дешевизны и доступности материалов для их изготовления. Они представляют собой штукатурные смеси, в которых вместо песка используются легкие наполнители: асбест, гранулированные шлаки, перлит, вермикулит. В качестве вяжущего в подобных смесях применяют цемент, гипс, известь, глину, жидкое стекло или их композиции.

Огнезащитные краски представляют собой смеси связующего, пигмента и наполнителя, способные к самостоятельному твердению на воздухе. Образующееся пленочное покрытие выполняет огнезащитную и декоративную функции. В качестве связующих в огнезащитных красках используются минеральные и органические вяжущие (битумы, олифы, пеки, дегти), синтетические и модифицированные природные полимеры. В тех случаях, когда необходимо улучшить физико-механические свойства защитной пленки, в состав краски

вводят пластификаторы: глицерин, пентахлордифенил, трикрезилфосфат и др. В качестве окрашивающих пигментов используются в основном минеральные соединения: оксид цинка, железный сурик, охра, оксид хрома, графит.

Огнезащитные силикатные краски на основе натриевого или кремниевое жидкого стекла обладают высокими огнезащитными свойствами, но из-за растворимости жидкого стекла в воде характеризуются слабой устойчивостью к атмосферным воздействиям и повышенному содержанию влаги в воздухе.

Магнезиальные (хлоридные) краски получают путем затворения оксида магния водными растворами хлористого магния или хлористого кальция. Применяются только внутри сухих отапливаемых помещений.

Огнезащитные масляные краски на основе олифы обладают повышенной атмосферо- и водостойкостью. С целью снижения горючести олифы в состав красок вводят большое количество минеральных наполнителей и антипиренов. В качестве антипиренов наиболее часто применяют буру, смеси хлорпарафина и сурьмы. Используется также метод модификации олифы хлорсодержащими полимерами.

В огнезащитных красках на основе синтетических полимеров в качестве связующих используют поливинилхлорид и перхлорвинил, в качестве пигмента — оксид цинка. В состав красок этого типа часто включают хлорпарафин.

Огнезащитные вспучивающиеся краски для древесины являются наиболее перспективными покрытиями. Они наносятся на поверхность слоем 1,5–2,0 мм и в процессе эксплуатации выполняют роль лакокрасочных декоративных покрытий. Под воздействием высоких температур покрытие вспучивается, значительно увеличиваясь в объеме, с образованием коксового пористого слоя, толщина которого может достигать 8–10 см.

Вспучивающиеся краски являются многокомпонентными системами, включающими в себя связующие, антипирены и вспучивающие добавки. В качестве связующих используют главным образом полимеры, склонные к реакциям циклизации, конденсации и образования нелетучих карбонизированных продуктов, — эпоксидные полимеры, полиуретаны, галоидированные натуральные и синтетические каучуки, латексы на основе сополимеров винилиденхлорида с винилхлоридом. Для обеспечения вспучивания и требуемых огнезащитных свойств применяют фосфаты и полифосфаты аммония, фосфаты мочевины или меламина.

Огнезащитные пропитки позволяют снизить воспламеняемость древесины, уменьшить скорость распространения пламени по деревянным конструк-

циям. Для достижения этих целей используют методы глубокой и поверхностной пропитки.

Глубокую пропитку осуществляют в автоклавах под повышенным давлением (до 1,6 МПа) и при повышенной (55–60°C) температуре. В результате подобной обработки можно получить древесину групп горючести Г3 или Г2. На эффективность пропитки существенное влияние оказывает порода древесины:

Порода древесины	Давление, МПа	Продолжительность пропитки, ч
Берёза	0,8–1,0	2–6
Сосна	1,0–1,2	8–12
Дуб	1,5–1,6	15–20

Метод поверхностной пропитки заключается в нанесении несколько раз с промежуточной сушкой определенного количества пропиточного раствора на строительные конструкции. Важным показателем такого процесса является обеспечение необходимого расхода пропиточного состава для достижения заданного эффекта огнезащиты.

В настоящее время в строительстве для огнезащиты строительных конструкций используются десятки наименований пропиток. Их основной недостаток заключается в недолговечности огнезащитного действия (как правило, не более 1 года).

6.2. Материалы на основе поливинилхлорида

Способы снижения пожарной опасности ПВХ материалов заключаются во введении в состав полимерных композиций наполнителей, использовании галоидсодержащих пластификаторов.

Самым распространенным классом антипиренов являются галоидсодержащие соединения. Это связано с их высокой пламягасящей способностью, доступностью и относительно невысокой стоимостью. Наиболее широкое применение получили хлор- и бромсодержащие замедлители горения. Йод- и фторсодержащие соединения для снижения горючести пластмасс практически не применяются из-за их нестабильности при температурах переработки полимерных материалов.

Механизм действия галогенсодержащих соединений заключается:

- в участии в химических процессах, протекающих в зоне пламени, путем обрыва цепей окисления;
- во влиянии на механизм термического разложения полимера в направлении образования термостойких продуктов;
- в разбавлении горючих газов в зоне горения.

Наибольший эффект проявляют антипирены, содержащие максимальное количество брома или хлора. Использование подобных соединений в больших масштабах сопровождается отрицательным воздействием на экологию из-за поступления токсичных галоидсодержащих соединений в окружающую среду при пожарах с участием огнезащищенных строительных материалов. Поэтому предпринимаются попытки снижения содержания Br и Cl в полимерных композициях путем их замены на синергические смеси, т.е. такие, у которых совместный эффект действия компонентов превышает суммарный. К ним относятся смеси: Sb–Hal; P–Hal; Sb–P–Hal; B–Hal; Me–Hal, где Hal — галоид.

При горении галоидсодержащих материалов выделяется большое количество дыма, включающего в себя высокотоксичные вещества, в т.ч. HCl и HBr. Для уменьшения дымообразования применяют безгалоидные замедлители горения, в состав которых входят элементы V группы периодической системы Д. И. Менделеева, а также различные соединения металлов: Al, Mg, Fe и др. Согласно принятой классификации среди элементов V группы фосфор- и азотсодержащие вещества относят к первичным (или основным замедлителям горения), а сурьму-, висмут- и ванадийсодержащие — к синергистам или вторичным. В отличие от галогенидов действие этих добавок проявляется, в основном, в твердой фазе, т.е. в зонах пиролиза и поверхностной. Они играют роль ингибиторов термоокисления и катализаторов коксообразования. В газовой фазе данные соединения малоэффективны.

Первичные замедлители горения разрушаются при более низких температурах, чем полимеры, что обуславливает образование при горении частиц, ингибирующих окисление и катализирующих процесс коксообразования.

Механизм действия металлсодержащих антипиренов достаточно прост. Карбонаты металлов разлагаются с выделением в газовую фазу CO_2 , уменьшая тем самым концентрацию горючих газов в зоне пламени. Гидроксиды металлов при разложении выделяют воду: $2\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$, которая охлаждает зону горения и уменьшает концентрацию горючих веществ в пламени. Металлсодержащие антипирены могут выступать и в качестве катализаторов коксообразования макромолекул при термодеструкции.

Высокой эффективностью для снижения горючести ПВХ материалов обладают хлорпарафины, содержащие в своем составе 45–55% хлора.

Наиболее распространенными промышленными фосфорсодержащими пластификаторами, снижающими горючесть ПВХ, являются триарилфосфаты. Их пиролиз на воздухе подчиняется закономерностям, установленным для эфиров карбоновых кислот и спиртов, а их термостойкость и горючесть определя-

ются химическим строением. Триарилфосфаты обнаруживают большую термостойкость, чем триалкилфосфаты, поскольку при их разложении не образуются непредельные олефины с концевой двойной связью.

Температура начала термического разложения фосфорсодержащих пластификаторов практически не зависит от содержания фенильных и 2-этилгексильных заместителей. При этом термостойкость фосфатных пластификаторов определяется природой хлоридов металлов, образующихся в материале при взаимодействии HCl с солями металлов и органических кислот, вводимых в состав ПВХ в качестве термостабилизаторов.

Относительная горючесть фосфатных пластификаторов, выражаемая КИ, линейно снижается при увеличении в молекуле пластификатора числа фенильных групп. Например, КИ триоктилфосфата равен 22,5, а трифенилфосфата — 27,5. Еще значительно возрастает кислородный индекс пластификатора при введении в молекулу атомов галоида. КИ трихлорпропилфосфата равен 31,5, а бромсодержащего трифенилфосфата — 52. При этом синергизма между атомами галоидов и фосфора для фосфорсодержащих пластификаторов не наблюдается.

Зависимость кислородного индекса пластифицированного ПВХ от содержания фосфатного пластификатора характеризуется экспонентой. Наименьшее влияние на величину КИ оказывает трикрезилфосфат, наибольшее — триоктилфосфат. Степень влияния других пластификаторов снижается по мере увеличения в молекуле числа арильных радикалов. Введение в состав композиций ди(2-этилгексил)фталата, имеющего КИ 20,5, существенно повышает горючесть ПВХ материалов.

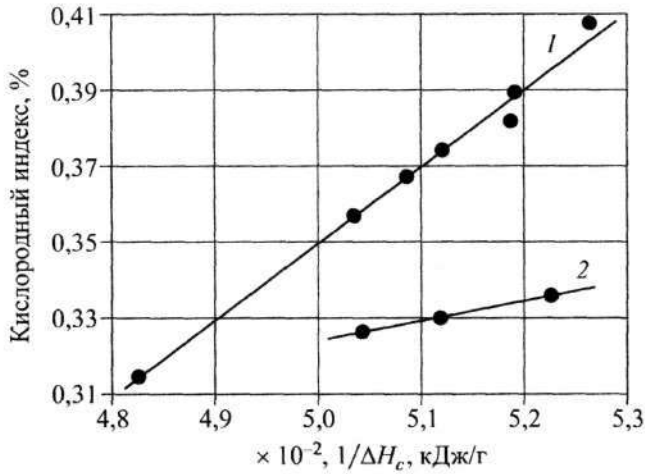
Кислородный индекс пластификаторов и материалов на их основе является линейной функцией объемного соотношения компонентов независимо от общего содержания ПВХ в системе, т.е. с увеличением объемной доли более горючего пластификатора в общей смеси КИ ПВХ-материалов снижается и, соответственно, горючесть повышается.

У поливинилхлоридных материалов установлена линейная зависимость между величиной КИ и обратным значением теплоты сгорания (рис. 6.1). При этом коэффициент пропорциональности A в выражении:

$$КИ = A/\Delta H_c \quad (6.1)$$

имеет различные значения для фосфатных и дизфирных пластификаторов.

Введение антипирирующих добавок в состав ПВХ материалов сопровождается снижением их горючести, но одновременным повышением дымообразую-



◀ Рис. 6.1. Взаимосвязь кислородного индекса и теплоты сгорания для фосфатных (1) и диизоцианатных (2) пластификаторов

щей способности. Это обусловлено, прежде всего, протеканием химических реакций в газовой фазе в направлении образования ароматических органических соединений. В указанном случае конденсированные углеродные частицы в виде сажи образуются в результате дегидрополиконденсации ароматических углеводородов с частичным разложением ароматических ядер до ацетилена и его производных. Данный вывод подтверждается увеличением содержания твердой фазы дыма (табл. 6.1). Рост содержания пластификаторов в ПВХ композициях приводит к линейному повышению коэффициента дымообразования D_m (рис. 6.2). Характер изменения D_m свидетельствует об аддитивном влиянии



◀ Рис. 6.2. Зависимость коэффициента дымообразования пластифицированного ПВХ от содержания ДОФ (1, 1'), ТАФ-30П (2, 2') и ТХПФ (3, 3') в режимах тления (1–3) и горения (1'–3')

Таблица 6.1. Пожарная опасность пластифицированного ПВХ

Показатель	Непластифицированный ПВХ	Тип пластификатора										
		дибутилфталат	ди(2-этилгексил)-фосфат	дифенил(п-изопр)-пифенил(фосфат	дифенил(п-трет-бутилфенил)фосфат	трифенилфосфат	(2-этилгексил)ди-фенилфосфат	дифенилкрезил-фосфат	трихлорпропил-фосфат	триакилфосфат на спиртах C ₇ -C ₉	диоктилфталат	диалкилфталат
Кислородный индекс, %:	—	16,2	19,6	23,1	23,1	—	20	20,7	26,4	18,7	16,4	16,9
	— ПВХ материалов	33,5	34	37,5	39	41,2	37	35,9	44,1	31,5	32,6	32,6
Удельная теплота сгорания, кДж/г	18,05	19,19	19,27	19,53	19,27	19,27	19,69	19,65	17,43	20,7	19,9	19,82
Предельная концентрация кислорода при распространении пламени по горизонтальной поверхности, % об.	57	45	47,5	51,3	53	51	42	49	53,4	40	42	42
	—	0,64	0,8	0,4	0,6	0,34	0,67	0,67	0,38	0,98	0,75	0,73
Скорость распространения пламени, мм/с, при O ₂ , %:	0,21	0,81	0,86	0,6	0,7	0,58	0,91	0,83	0,44	1,2	1	0,88
	0,27	1	1,13	0,86	0,83	0,74	1,23	1,02	0,49	1,43	1,11	1,15
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Продолжение табл. 6.1.

Показатель	Непластифицированный ПВХ	Тип пластификатора											
		дибутилфталат	ди(2-этилгексил)-фенилфосфат	дифенил(п-изопрופилфенил)фосфат	дифенил(п-трет-бутилфенил)фосфат	трифенилфосфат	ди(2-этилгексил)ди-фенилфосфат	дифенилкрезил-фосфат	трипропил-фосфат	триалкилфосфат на спиртах C ₇ -C ₉	диоктилфталат	дидецилфталат	
Коэффициент дымообразования, м ² /кг, в режиме:	— тления	360	760	850	860	800	820	450	510	440	380	590	570
	— горения	850	910	920	900	900	900	810	730	690	790	840	830
Фазовый состав продуктов горения, мг/г:	— твердая фаза дыма, осевшая на фильтре	48,1	63,7	52,2	58	72,6	60,7	71,2	57,9	63,5	—	44,3	63,9
	— CO	68,3	29,4	35,8	43	49,9	53,9	43,1	25,9	50,3	—	25,2	—
	— CO ₂	223,7	274,8	310,3	150,1	252,5	221,6	299,6	182	136,3	—	200,2	185,3
	— HCl	580	—	500	521	538	527	500	528	578	—	496	—

полимерной основы и пластификатора на дымообразующую способность материала. Установленная зависимость позволяет прогнозировать D_m ПВХ материалов по данным о дымообразующей способности компонентов.

Коэффициент дымообразования пластифицированного ПВХ можно понизить введением в его состав неорганических наполнителей: каолина, талькомагнезита, гидроокиси магния. Величина D_m ПВХ материала с этими наполнителями, пластифицированного смесью 10%-ного трихлорэтилфосфата и 10%-ного диоктилфосфата составляет:

Наполнитель	$D_m, м^2/кг$	
	В режиме тления	В режиме горения
Каолин	470	320
Талькомагнезит	495	295
$Mg(OH)_2$	230	340

Фосфорсодержащие пластификаторы, снижая пожарную опасность ПВХ материалов, одновременно влияют на их эксплуатационные характеристики, понижая термо- и морозостойкость. ПВХ материалы для отделки стен типа "Пеноплен" и "Полиплен" содержат в качестве пластификаторов смеси диоктилфталата (8,1–12,7% масс.) и октилдифенилфосфата (12,7% масс.) с хлорпарафином 470 (6,6% масс.). Такого содержания пластификаторов оказывается недостаточно для существенного снижения горючести. Поэтому для достижения групп Г3 или Г2 в эти материалы дополнительно вводят $Al(OH)_3$ или Sb_2O_3 , которые одновременно подавляют дымообразование при горении.

С целью снижения концентрации HCl в продуктах горения ПВХ материалов в композиции добавляют оксиды и карбонаты щелочных и щелочноземельных металлов (кальция, магния, цинка, бария, натрия, меди) или вводят соединения, выделяющие при разложении аммиак (мочевину, амины, карбонат аммония). В качестве соединений, связывающих HCl и одновременно реагирующих с ненасыщенными фрагментами ПВХ с образованием азотсодержащих молекулярных комплексов, используются меламин, цианамид, дицианамид, полицианамид, цианамид кальция. Для этой цели применяются также органические карбонаты.

С помощью метода химической модификации получают ПВХ материалы с новыми свойствами. Наиболее распространена модификация ПВХ хлорированием газообразным хлором в среде растворителя, содержащего тетрахлорэтан, хлорбензол, хлороформ и четыреххлористый углерод. Модифицированный подобным образом ПВХ обладает повышенной химической и теплостойкостью,

лучшими механическими свойствами по сравнению с исходным материалом. При содержании хлора в хлорированном ПВХ ~65% кислородный индекс достигает 60.

Для получения модифицированного ПВХ применяют метод сополимеризации винилхлорида с одним или несколькими мономерами: винилиденхлоридом, винилбромидом, тетрафторэтиленом, трифторхлорэтиленом, простыми эфирами тетрабромбисфенола, а в качестве фосфорсодержащих мономеров используют диалкил- или дигалоидалкилвинилфосфонаты. Метод сополимеризации применяют для получения пленочных материалов на основе ПВХ, покрытий и клеев.

Снижение горючести ПВХ материалов, содержащих в своем составе атомы галоидов, достигается введением Sb_2O_3 . В качестве синергистов используют также титаносурьмяный комплекс, сульфид сурьмы, гидроокись алюминия, оксиды молибдена, цинка, висмута, а в качестве антипиренов-наполнителей — гидроксиды кальция, магния, кобальта, железа, цинка, борную кислоту и ее соли.

Эффективное дымоподавление при горении ПВХ материалов достигается путем введения в их состав соединений металлов переменной валентности: оксидов и солей молибдена, титана, олова, железа и меди. Действие этих соединений проявляется в конденсированной фазе. Они обеспечивают сгорание практически без дымовыделения. В результате изменения механизма термической деструкции ПВХ значительно увеличивается выход кокса, а в составе газообразных продуктов пиролиза возрастает содержание алифатических соединений и снижается (на 60–70%) — ароматических. Очевидно, соединения металлов переменной валентности ускоряют образование крупных макромолекул на ранних стадиях термической деструкции ПВХ, благодаря чему образование летучих продуктов идет по пути многократного разрыва сшитых структур, а не способом внутри- или межмолекулярных реакций. Предполагается, что оксиды металлов на первой стадии пиролиза служат акцепторами HCl. Если хлорид способен легко отдавать хлор, то последний усиливает разрыв дегидрохлорированных цепей и, следовательно, повышает содержание низкомолекулярных алифатических углеводородов в продуктах пиролиза ПВХ. По этой причине газообразные продукты пиролиза ПВХ, включающего в себя оксиды металлов переменной валентности, содержат больше низкомолекулярных алифатических углеводородов, чем газообразные продукты пиролиза, полученные в присутствии щелочных и щелочноземельных металлов, образующих устойчивые хлориды. При этом эффективность дымоподавления не зависит от степени

окисления металла. Она обусловлена поливалентностью металла и его способностью участвовать в окислительно-восстановительных реакциях.

Дымообразующая способность поливинилхлоридных линолеумов значительно снижается при введении в их состав цинковых белил из расчета 4 масс. ч. цинковых белил на 100 масс. ч. ПВХ. Подобный эффект достигается при введении 1 масс. ч. пиромеллитата цинка. Дымовыделение при горении снижают молибдаты аммония, кальция, натрия, цинка, а также amino- и меламинамолибдаты никеля, ацетилацетонаты меди, железа, ванадия, кальция, циркония, кобальта, цинка.

Введение ферроцена одновременно снижает горючесть и дымообразование при горении ПВХ материалов. При введении в состав 0,4% масс. ферроцена КИ повышается на 15–20%, а дымовыделение снижается на 25%. Количество негорючего остатка возрастает на 40–60%. Ферроцен, используемый в качестве наполнителя ПВХ, изменяет характер самовоспламенения полимера. Под воздействием высоких температур фиксируется свечение, не наблюдаемое у чистого полимера. В присутствии ферроцена становится другим состав газообразных продуктов пиролиза: уменьшается содержание ароматических соединений, являющихся основным источником сажеобразования.

6.3. Материалы на основе полиуретанов

Наиболее эффективными способами получения полиуретанов пониженной пожарной опасности являются направленный синтез и химическая модификация с целью получения материалов с высокой термостойкостью, карбонизирующихся при повышенных температурах. Для этого в качестве исходных компонентов используют полифункциональные соединения с наличием ароматических циклов: циклоалифатические и ароматические изоцианаты и полиолы, фенолальдегидные олигомеры резольного и поволочного типов.

Полиуретаны пониженной горючести с высокой прочностью и теплостойкостью образуются при применении в качестве гидроксилсодержащих соединений фурфурилового или фурилформальдегидного олигомеров с молекулярной массой соответственно 550 и 700.

К ППУ пониженной горючести относятся материалы, содержащие изоциануратные, карбоимидные, имидные и другие термостойкие фрагменты.

Снижение горючести пенополиизоциануратуретанов, полученных на основе простых или сложных олигоэфиров, достигается при введении в состав полимера трихлорэтилфосфата. При содержании этого антипирена в количестве 1 масс. ч. на 1 масс. ч. полиола кислородный индекс повышается на 7–10 единиц.

Термостойкость и, соответственно, горючесть поликарбодиимидов и пенопластов на их основе определяется химическим строением исходных изоцианатов. Более высокую термостойкость имеют полимеры на основе 2,4-толуилен- и 1,5-нафтилендиизоцианатов.

Полиуретаны пониженной воспламеняемости (В1) получают при их модификации эпоксидными, мочевино- и меламиноформальдегидными олигомерами, производными ароматических карбоновых кислот. Снижение воспламеняемости ППУ может быть достигнуто путем применения поверхностно-активных веществ: полиорганосилоксанов с различными заместителями у атомов кремния.

ППУ пониженной горючести получают путем синтеза с использованием галоид- и фосфорсодержащих соединений с подвижными атомами водорода. При этом наиболее предпочтительны фосфорсодержащие полиолы с фосфатными, фосфонатными и фосфитными группами. Наиболее эффективно применение в качестве сырья фосфорсодержащих полиолов с максимальным содержанием фосфора.

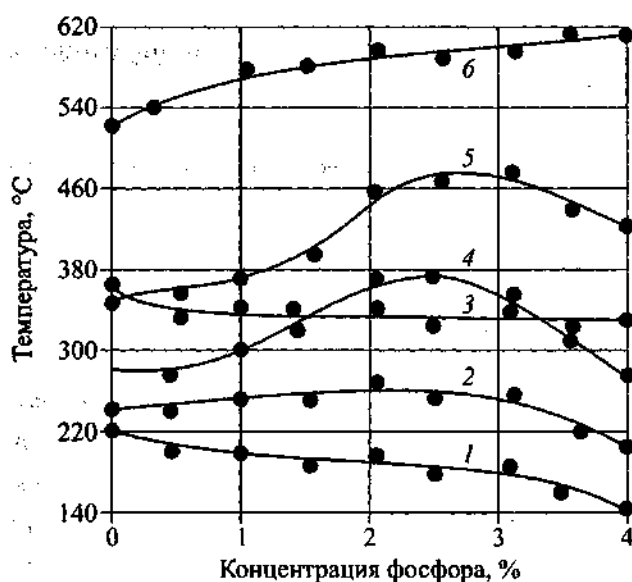
Определенное влияние на степень горючести синтезируемых полиуретанов оказывает структурное расположение фосфорсодержащих группировок в молекулах исходных веществ. Применение [бис(2-гидроксиэтил)аминометил]диэтилфосфоната, содержащего объемную фосфорильную группировку в боковой цепи, приводит к получению полиуретанов с более низкой воспламеняемостью по сравнению с полиуретанами на основе диэтиленгликолевых эфиров метилфосфоновой, фенилфосфоновой или фенилфосфорной кислот, содержащих атомы фосфора в основной цепи. Полагают, что у полиуретанов с фосфорсодержащими группами в боковой цепи более интенсивно протекает карбонизация. Термическая деструкция фосфорсодержащих полиуретанов начинается на 30°C ниже, чем у исходных компонентов.

Термостойкость и пожарная опасность жестких ППУ существенно зависят от содержания в них связанного фосфора. Увеличение концентрации фосфора с 0,1 до 3,1% приводит к падению термостойкости: по данным дифференциально-термического анализа на воздухе температура начала интенсивного термического разложения $T_{нр}$ снижается с 210 до 182°C. Дальнейшее повышение концентрации фосфора сопровождается резким падением термостойкости. Увеличение скорости нагрева ППУ с 10 до 40 град/мин сопровождается повышением $T_{нр}$ (рис. 6.3). При этом меняется и характер зависимости $T_{нр}$ от концентрации фосфора. Температура самовоспламенения монотонно повышается, а

температура выделения горючих газов незначительно снижается. Для исходного ППУ температура воспламенения и выделения горючих газов совпадают.

Кислородный индекс ППУ линейно возрастает с увеличением содержания фосфора в полимере (рис. 6.4). При этом коэффициент эффективности фосфора оксиэтилированного фосполиола практически одинаков с аналогичным показателем органических фосфатов, применяемых для снижения горючести других полимерных материалов.

Дымообразующая способность фосфорсодержащих жестких ППУ в режиме тления практически не зависит от концентрации фосфора в пенопласте (рис. 6.5), а в режиме пламенного горения монотонно возрастает. Для исходно-



◀ Рис. 6.3. Зависимость показателей термостойкости и воспламеняемости ППУ от концентрации фосфора в пенопласте: 1, 2, 3 — температура начала интенсивного разложения при скорости нагрева 10, 40 и 200°C/мин; 4 — температура выделения горючих газов; 5 — температуры воспламенения; 6 — температуры самовоспламенения



◀ Рис. 6.4. Зависимость кислородного индекса ППУ от содержания фосфора



◀ Рис. 6.5. Дымообразующая способность фосфорсодержащих ППУ в режиме:
1 — пламенного горения;
2 — тления

го ППУ величины D_m в режимах тления и пламенного горения практически совпадают, что свидетельствует об образовании одинаковых количеств сажеобразующих продуктов пиролиза.

На горючесть ППУ определенное влияние оказывает его плотность. С увеличением плотности с 40 до 127 кг/м³ кислородный индекс линейно возрастает с 21,6 до 23,5.

Оптимальной концентрацией фосфора в ППУ, полученных на основе оксигетилированных фосполиолов, является 2,5% масс., т.е. содержание фосполиола в исходной полиэфирной смеси в пределах 50–70% масс. В этом случае ППУ обладает не только пониженной пожарной опасностью, но и высокими эксплуатационными показателями:

Кажущаяся плотность, кг/м ³	43–48
Разрушающее напряжение, МПа:	
— при сжатии	0,27–0,28
— при изгибе	0,21–0,23
Сорбционное увлажнение за 24 ч, % масс.	2,4–2,5
Водопоглощение за 7 сут., % об.	4,3–4,5
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,028–0,029
Температура, °С:	
— воспламенения	460–470
— самовоспламенения.	590–600
Теплота сгорания, кДж/кг	25640–25700
КИ, %	26,5–27,5

Снижение горючести жестких ППУ происходит при введении в полиэфирную композицию наряду с фосфорсодержащими соединениями ароматических дикарбоновых кислот и их ангидридов, включающих в себя ароматические, на-

фталиновые и другие ядра. Карбоновые кислоты, взаимодействуя с изоцианатами, образуют более термостойкие по сравнению с уретанами амидные связи. Процесс коксообразования при горении таких материалов в значительной степени зависит от природы олигоэфира. Включение хлорсодержащих компонентов в полиэфирную композицию приводит к увеличению выхода пенококса и повышению его механической прочности. При этом с точки зрения снижения горючести наиболее эффективны хлораль и хлорэндиковый ангидрид. Олигомерные полуацетали хлораля применяются для получения ППУ пониженной горючести следующих марок: ППУ-304н, ППУ-306, ППУ-244, ППУ-9н. Особенно заметна роль хлора в снижении горючести пенопластов на основе простых олигоэфиров.

Использование дикарбоновых кислот при получении пенополиуретанов приводит к снижению их дымообразующей способности. Эффективность дикарбоновых кислот как дымоподавителей снижается в такой последовательности: фумаровая > изофталевая > янтарная > малеиновая.

Одновременно с понижением дымообразования введение дикарбоновых кислот в состав полимеров сопровождается снижением их прочности (табл. 6.2).

В качестве гидроксилсодержащих олигоэфиров для получения ППУ пониженной горючести используются тетрабромгександиол, алкильные и оксиалкиленовые производные дибромциклогександиолов. Введение атомов галогенов в боковые цепи полиола обеспечивает наибольший эффект. Свойства бромсодержащих полиолов понижать горючесть обусловлены легкостью протекания процессов дегидробромирования и образования циклических структур. Горючесть ППУ в большей степени зависит от общего содержания галогена в полимере, чем от химического строения галоидсодержащего компонента (рис. 6.6).

Для получения ППУ с кислородным индексом не менее 30 при сочетании галоидсодержащих олигоэфиров с трихлорэтилфосфатом в составе полимера должно быть не менее 15% галогена.

Снижение горючести полиуретанов может быть достигнуто применением антипиренов — металлсодержащих комплексов с азотсодержащими соединениями: мочевиной, меламином, аммонийными солями полифункциональных ароматических кислот.

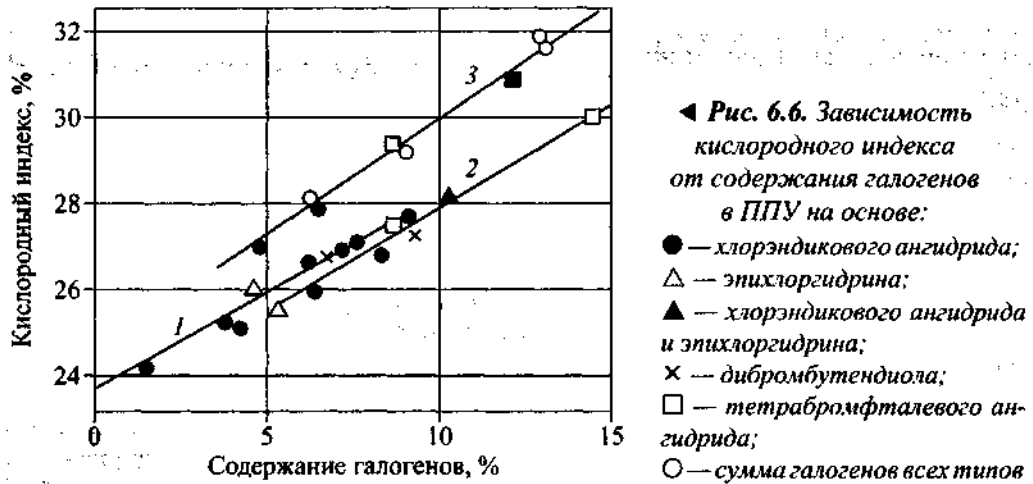
В качестве органических галоидсодержащих соединений для снижения горючести ППУ применяются тетрабромбутан, гексабромбутан, тетрахлорбутан, гексахлордодекан, хлорпарафины, хлорированные полифенилы, бромированные бензохиноны. Эти соединения используют в сочетании с оксидами сурь-

мы, цинка, титана и алюминия. Оксиды сурьмы могут быть частично заменены оксидами железа или меди.

При применении в качестве антипиренов галоидсодержащих эфиров фосфорной кислоты наряду со снижением горючести жестких ППУ наблюдается повышение токсичности продуктов горения за счет увеличения концентрации в них HCN.

Таблица 6.2. Технологические, физико-химические свойства и пожарная опасность модифицированных ППУ

Показатель	Пенопласт марки ППУ-316м	Модифицирующая добавка			
		двузамещенный фосфат аммония + сернокислый аммоний (1:1)	фумаровая кислота	борная кислота	гидроксид алюминия
Содержание добавки, %	–	33,5	15	5	32,2
Время старта, с	21	21	26	21	25
Время подъема, с	5	83	85	87	90
Кажущаяся плотность, кг/м ³	44,6	57,8	49,5	39,1	75,1
Разрушающее напряжение, МПа:					
— при сжатии	0,29	0,13	0,3	0,26	0,28
— при растяжении	0,33	0,1	0,26	0,23	0,2
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,027	0,032	0,028	0,028	0,034
Кислородный индекс, %	24,5	27,8	25,4	25,3	28,9
Коэффициент дымообразования в режиме горения, м ² /кг	751	472	494	452	382
Уровень выделения продуктов горения, мг/г:					
— CO	104	–	123	89	56
— CO ₂	1003	–	1099	1028	744
— HCN	6,7	–	6,7	4,7	5,4
Токсичность продуктов горения H_{CL50} , г/м ³	27,9±2,1	–	27,9±2,5	28±2	51,4±0,4

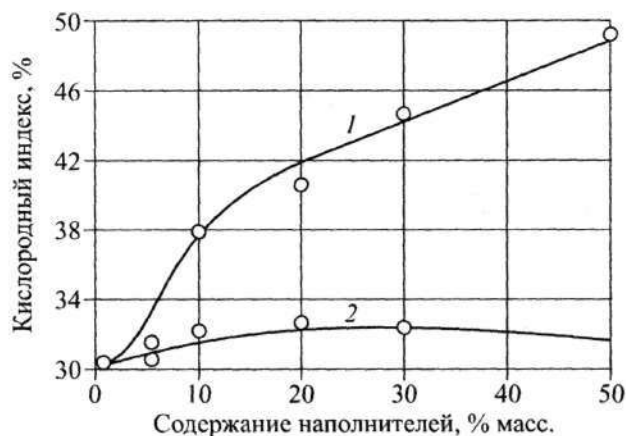


Неорганическими соединениями, используемыми для снижения пожарной опасности жестких ППУ, являются вещества, разлагающиеся с образованием аммиака: $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$, NH_4HCO_3 , $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, полифосфат аммония, гидроксиды металлов, борная кислота. Наиболее эффективным антипиреном из перечисленных соединений является $\text{Al}(\text{OH})_3$. Его введение в состав полимерной композиции помимо снижения горючести уменьшает дымообразующую способность и токсичность продуктов горения.

Одним из наиболее токсичных продуктов горения ППУ является цианистый водород. Его образование обусловлено как распадом молекул полиуретана, так и разложением образующегося при пиролизе толуилендиизоцианата. С увеличением изоцианатных циклов в макромолекуле ППУ возрастает выход HCN .

Эффективным способом снижения горючести пенополиуретанов является применение микрокапсулированных антипиренов. Основным преимуществом такого способа выступает возможность использования не совместимых с полимером антипиренов, а также введение в микрокапсулы воды, хладонов, эфиров фосфорных кислот и четыреххлористого углерода. Например, применение четыреххлористого углерода в микрокапсулах приводит к значительному повышению КИ полиуретана марки СКУ-ПФЛ-100 (рис. 6.7).

Традиционным способом снижения горючести полиуретанов является введение неорганических наполнителей: стекловолокна, асбеста, буры, силикатов, боратов или фосфатов натрия, полифосфата аммония, MgO , MgCl_2 , керамзита, вермикулита. Минеральные наполнители повышают устойчивость ППУ к огневому воздействию.



◀ **Рис. 6.7.** Зависимость горючести полиуретана марки СКУ-ПФЛ-100 от содержания микрокапсулированных наполнителей:
1 — CCl₄; 2 — фреон-114B2

6.4. Материалы на основе фенолформальдегидных смол

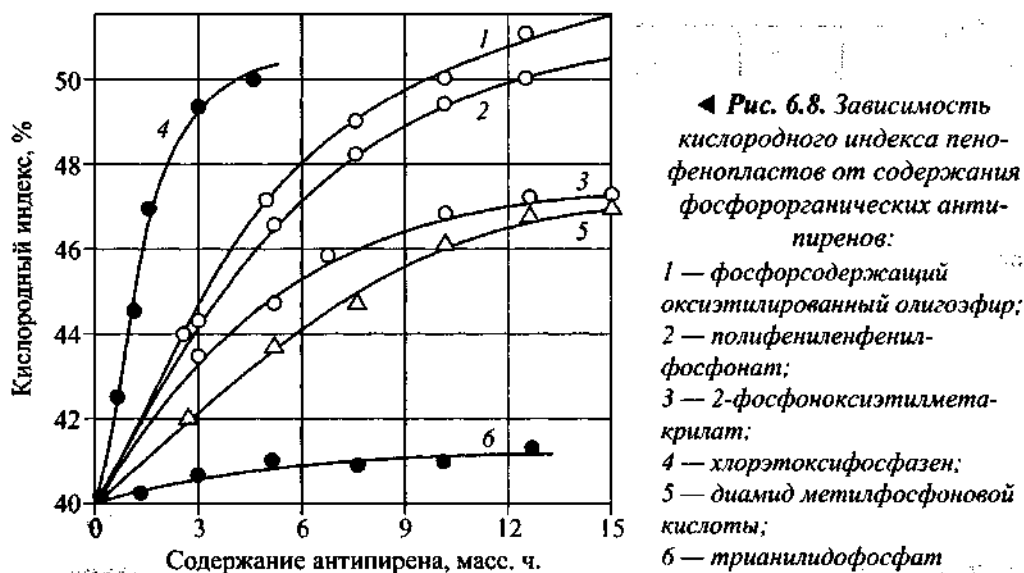
Традиционные направления при производстве строительных материалов пониженной пожарной опасности на основе фенолформальдегидных смол:

- применение антипиренов;
- химическая модификация;
- применение наполнителей.

Наиболее распространенным видом антипиренов являются органические фосфорсодержащие соединения. Гипотезы, объясняющие механизм действия этих антипиренов, основаны на допущении, что фосфорсодержащие соединения в процессе горения полимеров разлагаются с образованием кислородсодержащих неорганических соединений — окислов и кислот фосфора. Образовавшиеся соединения фосфора либо являются барьером для проникновения тепла в слой материала, либо регулируют окисление в направлении реакции со значительно более низким экзотермическим эффектом.

Защита карбонизированного слоя происходит за счет образования полифосфорной кислоты. В присутствии фосфорсодержащих соединений выход карбонизированного слоя увеличивается, что также способствует снижению горючести фенольных пенопластов. Влияние фосфорсодержащих антипиренов на величину КИ фенольных пенопластов показано на рис. 6.8.

Для снижения горючести пенопластов подобного вида часто используют общий положительный эффект совместного действия фосфора и азотосодержащих антипиренов. Использование реакционноспособных антипиренов, содержащих фосфор, азот, галогены, бор, кремний и др. элементы, позволяет снизить горючесть материалов на основе фенолформальдегидных смол. Для этого



в процессе поликонденсации предложено использовать триметилфосфин-оксид, продукт конденсации фенола с винифосом, метил-1,1,2,2-тетрафторэтил-оксиметилфосфиноксид, 4,4'-диоксидифенилсульфон и 4,4'-диоксидифенилфосфиноксид.

Возможно получение фенопластов пониженной горючести введением на стадии конденсации аминопроизводных полихлорированных бифенилов или полифенилбензолов, а также соединений с амино- или амидными группами: мочевины, тиомочевины, дициандиамида, меламина.

Одним из самых доступных способов снижения горючести фенопластов является применение неорганических наполнителей, позволяющее получать материалы с заданными свойствами. Минеральные наполнители снижают содержание горючих компонентов, дымообразующую способность, вызывают значительные изменения надмолекулярной структуры и свойств межфазного слоя, влияют на процесс пиролиза полимеров и изменяют условия тепло- и массообмена. Характер этих изменений зависит от природы, дисперсности и формы частиц наполнителей.

Фенольные пенопласты, наполненные асбестом, жидким стеклом, стеклопором или смесью гипса и красного шлама, образующегося при производстве алюминия, относятся к материалам пониженной горючести. Однако одновременно эти наполнители ухудшают физико-механические и теплофизические свойства пенопластов. Прочностные характеристики фенопластов улучшают-

ся (наряду со снижением горючести) при введении перлитового песка, стеклянных микросфер или стекловолокна.

Горючесть некоторых полимерных материалов при введении наполнителей может возрастать. Это объясняется изменением условий аккумуляции тепла в материале и повышением степени его разложения. Поэтому целесообразно использовать наполнители, которые не только снижают содержание горючих компонентов в полимерной композиции, но и проявляют свойства антипиренов. К таким наполнителям относится, например, гидроксид алюминия, который является нетоксичным соединением, разлагается при температуре выше 220°C , не гигроскопичен, хорошо совместим с полимерами. С применением гидроксида алюминия получены пенопласты пониженной горючести с малым водопоглощением и улучшенной водостойкостью.

Фенольные пенопласты отличаются склонностью к возникновению и развитию в них процессов тления, которые могут происходить по следующей схеме:



Фосфорсодержащие антипирены являются активными веществами, способными замедлить или предотвратить тление материалов, поскольку карбонизированный слой, содержащий полифосфорные кислоты, устойчив к длительному нагреванию.

Учитывая механизм гетерогенного окисления углерода, наиболее удовлетворительным объяснением влияния соединений фосфора на подавление процесса тления является дезактивация ими части поверхностных активных центров углерода. В результате происходит сдвиг реакции окисления углерода в сторону образования CO. Этот процесс сопровождается меньшим тепловыделением, что благоприятствует торможению самоускорения экзотермической реакции окисления углерода. В результате возникает энергетическая несбалансированность оставшихся центров в отношении кислорода, снижается число активных центров окисления углерода, одновременно участвующих в реакции с молекулами кислорода. В этих условиях предпочтительными становятся реакции:



Наиболее эффективными подавителями процесса тления являются фосфор-азотсодержащие соединения: моноаммоний- и диаммонийфосфаты. Эффект

подавления тления присутствием в составе пенопласта этих соединений объясняется их синергизмом, который заключается в следующем:

- присутствие азотсодержащих соединений в фосфорсодержащих полимерах облегчает образование полифосфорной кислоты, являющейся дегидратирующим агентом и катализатором процесса коксования;
- азотсодержащие смеси или образовавшиеся в процессе их деструкции соединения являются веществами, разлагающимися с выделением воды и углерода. Возможно образование летучих соединений азота, ингибирующих горение, не исключена возможность появления на поверхности материала защитных термоустойчивых пленок из соединений фосфора и азота.

6.5. Материалы на основе карбамидных смол

Горючесть строительных материалов на основе карбамидных смол существенно зависит от вида наполнителя. Снижению горючести способствует введение минеральных наполнителей.

Относительно высокая горючесть карбамидных пенопластов обусловлена отсутствием в макромолекуле полимера термостойких циклических структур. К снижению горючести приводит химическая модификация карбамидной смолы фурфуроловым спиртом. При этом одновременно понижается вязкость (до уровня не более 1,5 Па·с при 25°C) и повышается стабильность при хранении.

Снижение горючести карбамидных пенопластов достигается также введением в их состав 5%-ного карбамида. Это сопровождается потерей массы при горении и уменьшением выделения свободного формальдегида (из мочевиноформальдегидных пенопластов).

Введение в состав полимерной композиции в качестве наполнителя гидролизного лигнина, обработанного продуктом конденсации фосфорной кислоты и карбамида, приводит к получению материала пониженной горючести плотностью 170–260 кг/м³ и с умеренной дымообразующей способностью (коэффициент дымообразования — 110–215 м²/кг).

6.6. Материалы на основе полистирола

Разработано достаточно много способов снижения горючести полистирола, выбор того или иного из них зависит от функционального назначения материала и определяется особенностями технологического процесса его производства.

Наиболее эффективным методом создания полистирольных пластиков пониженной горючести является их химическая модификация путем радикаль-

ной сополимеризации стирола с галоид- и фосфорсодержащими мономерами. Преимущества подобного метода иллюстрируются следующими данными. Кислородный индекс полистирола, содержащего 30% пентабромэтана (21,7% брома), равен 30, а сополимера стирола с винилбромидом (17,6% брома) — 49%. Вводимые на стадии синтеза полимеров стирола полимеризационноспособные антипирены образуют привитые сополимеры, обладающие пониженной горючестью.

В качестве мономеров для получения подобных полимеров используют винилхлорид, винилиденхлорид, винилбромид, метил- α -бромакрилат, моно- и ди-2-бромэтилитаколаты (производные итаконовой-1-пропен-2,3-дикарбоновой кислоты), диэфиры, диамиды или амидоэфиры α -галоидэтиленфосфиновых кислот, амиды арил- α -хлорвинилфосфиновых кислот. Следует учитывать, что при сополимеризации стирола с винилбромидом одновременно с горючестью снижается термостойкость и линейная скорость горения.

Хлорированный полистирол получают полимеризацией хлорстирола (содержащего *o*-, *m*- или *p*-изомеры) или хлорированием полистирола в четыреххлористом углероде в присутствии катализаторов, фотохимическим хлорированием, хлорированием полимера в среде жидкого хлора. Хлорирование полистирола сопровождается снижением до семи раз молекулярной массы полимера за счет разрыва макромолекулярной цепи. Снижения молекулярной массы удается избежать хлорированием полистирола соляной кислотой в присутствии пергидроля.

Термодеструкция хлорированного полистирола протекает при гораздо более низких температурах (150–200°C), чем исходного полимера. Процессы термодеструкции идут более интенсивно у хлорированного полистирола, содержащего атомы хлора в алифатической цепи, по сравнению с хлорполистиролом, содержащим атомы хлора в ароматическом ядре. Относительно низкая термостойкость хлорированного полистирола обусловлена малой прочностью связи C–Cl в алифатической макромолекулярной цепи.

Необходимое снижение горючести полистирола достигается введением в состав полимера химически активных полимеров. В значительных (до 20%) количествах это приводит к заметному снижению термостойкости материалов. Для нейтрализации подобного эффекта используют синергисты, например Sb_2O_3 . Введение в состав антипирена совместно с галогенсодержащими антипиренами органических перекисей (например, перекисей дикумила или 2,3-дибромпропил-трет-бутила) позволяет при уменьшении вводимого антипирена значительно снизить горючесть полистирола. Например, одинаковую

горючесть имеют полистирол, содержащий 4% 1,1,2,2-тетрабромэтана, и полистирол с содержанием 0,5% перекиси дикумила и 0,5% 1,1,2,2-тетрабромэтана. Аналогичный результат достигается при использовании азотсодержащих соединений: алифатических и ароматических вторичных аминов, N-трет-бутил-2-бензотиазолсульфенамида (Сульфенамида Т), N-изопропилбис(2-бензотиазолил)сульфенамида. Максимальной эффективностью обладают соединения, содержащие в молекуле одновременно атомы азота и галоида. К числу таких соединений относятся N-бис(бромметил)-1,2-дибромизопропиланилид и этилендиамин гидробромид. Их можно использовать самостоятельно, а также в сочетании с органическими перекисями или комплексными солями железа.

Эффект синергизма наблюдается при сочетании галоидсодержащих антипиренов с оловоорганическими соединениями, органическими дисульфидами, циклопентаденильными производными железа, например дициклопентаденилжелезом (ферроценом), ацетилферроценом, 1,1-дифенилферроценом, титанатом никеля.

Снижение горючести пенополистирола достигается обработкой бисерного полистирола водной суспензией, содержащей 22–27% хлорпарафина, 1–8% триоксида сурьмы и эмульгатор ОП-7. Увеличение огнезащитного эффекта достигается нанесением на поверхность бисера пасты, в состав которой входят порошкообразный ПВХ, трикрезилфосфат (в качестве антипирена-пластификатора) и высококипящий растворитель. Удаляя избыток растворителя выпариванием, получают вязкотекучий продукт. После вспенивания обработанного таким составом бисерного полистирола получают материал пониженной горючести. Для поверхностной обработки бисера вспенивающегося полистирола можно использовать небольшие количества (0,6–0,7%) порошкообразных бромсодержащих антипиренов с содержанием брома не менее 70%, имеющих температуру начала термического разложения 160–200°C. Наиболее эффективные антипирены подобного типа приведены в табл. 6.3.

Снижение горючести пенополистирола может быть достигнуто нанесением на его поверхность огнезащитных покрытий на основе жидкого стекла. В жидкое стекло добавляют минеральные наполнители (кварцевую муку, диатомит, асбест) и этилцеллюлозу. После высыхания этой композиции на поверхности пенопласта образуется прочная защитная пленка, препятствующая воспламенению и горению.

Для снижения горючести полистирола широко используются синергические смеси фосфор- и галоидсодержащих соединений и галоидсодержащих веществ с триоксидом сурьмы. Эти смеси вводят в состав полимера на стадии по-

Таблица 6.3. Характеристики антипиренов и горючесть ППС

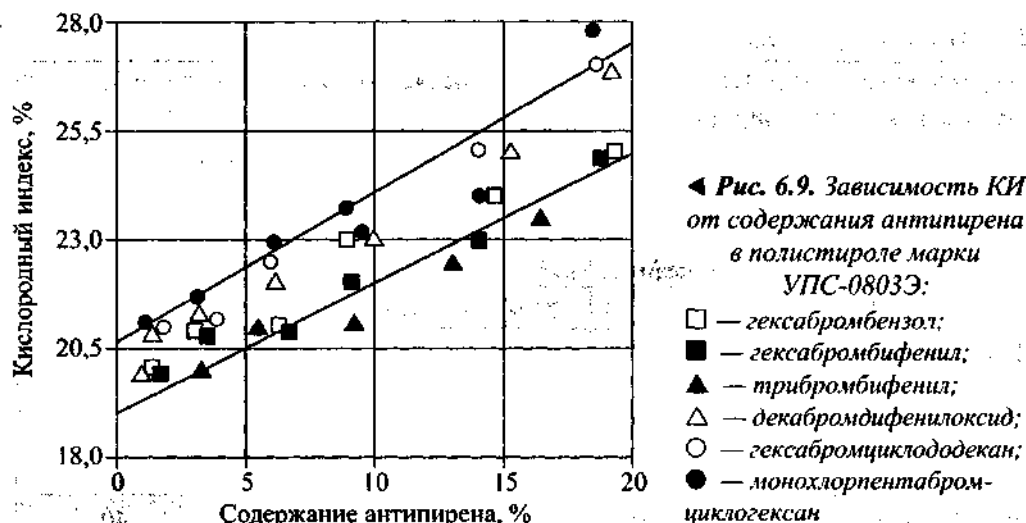
Антипирен	Содержание, %		Температура разложения, °С	Время самостоятельного горения ППС, с
	брома	хлора		
Гексабромбутен-2	89	–	183	0,5
Пентанброммонохлорциклогексан	73	8	184	1,5
Дибромэтилдибромциклогексан	74	–	183	7
Тетрабромпаракилол	73,5	–	165	9
Гексабромциклододекан	73	–	183	16
Гексабромэтан	90	–	149	30
Тетрабромфталат железа	63	–	250	35
Ди-2,4,6-трибромфенокситан	18	–	225	40
Декабромдифенилоксид+триоксид сурьмы в соотношении 2:1	83	–	290	40
1,2-диаллиловый эфир тетрабромдифенилолпропана	52	–	115	40
Пентабромфенилаллиловый эфир	72	–	154	26
Ди-β,β'-хлорэтиловый эфир α-бромвинилфосфоновой кислоты	25,7	22,6	215	40

лимеризации или сополимеризации стирола, при смешении компонентов в шаровых мельницах, при изготовлении пенополистирола прессовым способом или в шнековом смесителе. Введение перечисленных антипиренирующих смесей не требует существенного изменения технологий получения и переработки пенополистирола.

В качестве галоидсодержащих антипиренов используются:

- бромсодержащие ациклические соединения (пентабромэтан, тетрабромбутан, 2,3-дибром-1,2,4-трихлорбутан, гексабром-2-бутен);
- бромсодержащие алициклические соединения (гексабромциклогексан, гексабромциклопентадиен);
- ароматические углеводороды (пентабром-, гексабром- и 2,3-дибромпропилбензолы, гекса- и октабромбифенилы, окта- и декабромдифенилоксиды);
- эфиры на основе фенола (4-бромфенил-2,3,3-бромаллиловый эфир, трис(2,4-дибромфенил)антимонит, 2,4,6-трибромфенокситриазин).

Влияние подобных соединений на величину КИ пенополистирола показано на рис. 6.9.



В качестве фосфорсодержащих антипиренов применяют галоидсодержащие эфиры фосфорной и фосфоновой кислот: три-(2,3-дибромпропил)фосфат, трифенилфосфат, ди-β-хлорэтил-α,β-дибромэтилфосфонат. Эти антипирены практически не влияют на скорость полимеризации стирола и одновременно улучшают технологические свойства композиций.

Использование низкомолекулярных антипиренов с повышенным содержанием галоидов и фосфора приводит к значительному ухудшению получаемых на их основе строительных материалов.

В качестве высокомолекулярных соединений для снижения горючести полистирольных материалов применяют хлорсодержащие карбоцепные полимеры: ПВХ, перхлорвинил, хлорированные полиолефины, полихлоропрен, бромированный хлоропреновый каучук. Эти вещества благодаря линейному строению легко проникают в неупорядоченные области надмолекулярной структуры полистирольных пластиков, что положительно сказывается на физико-механических свойствах: эластичности и увеличении относительного удлинения при разрыве. Физико-механические показатели и горючесть таких композиций зависят от степени хлорирования карбоцепных полимеров и соотношения основных компонентов.

Применяемый в строительстве пенополистирол марки ПСВ-С* получают путем введения 0,56% тетрабром-п-ксилола в состав полимера в процессе по-

* Индекс С означает "пенополистирол самозатухающий". Этот термин не отражает свойств материала, в особенности его поведение в условиях реального пожара. Применение этого термина неправомерно.

лимеризации стирола. Такое небольшое количество антипирена значительно снижает молекулярную массу полимера и ухудшает механические свойства. ПСВ-С, содержащий тетрабром-п-ксилол, имеет очень узкий температурный интервал формирования. Эти недостатки устраняются при использовании комплексного антипирена, содержащего 0,2% тетрабром-п-ксилола и 1,5% бис(2-этилгексил)фенилфосфата.

Более высокими физико-механическими свойствами обладает полистирол, в составе которого присутствуют имиды бромзамещенных кислот или бромсодержащие изоцианураты (например, гексабромтриаллилизотиоцианурат). При поверхностной обработке гранул полистирола гексабром-2-бутеном, пентабром-монохлорциклогексаном или гексабромциклододеканом получается пенопласт, по физико-механическим и пожароопасным свойствам не уступающий ПСВ-С. Применение в процессе синтеза полистирола гексабромциклододекана позволяет существенно расширить температурный диапазон вспенивания и формования, снизить потери изопентана в процессе вспенивания по сравнению с процессом, в котором используется тетрабром-п-ксилол.

6.7. Материалы на основе непредельных олигоэфиров

Для снижения пожарной опасности строительных материалов на основе непредельных олигоэфиров необходимо:

- уменьшить скорость выделения и концентрацию горючих летучих продуктов термического разложения, повысить коксообразование материалов;
- обеспечить эффективный обрыв реакционных цепей в пламени путем связывания активных радикалов \dot{O} , \dot{H} , \dot{OH} .

В соответствии с этими предпосылками получение строительных материалов на основе непредельных олигоэфиров достигается химической модификацией с использованием галоген- и фосфорсодержащих соединений, применением антипиренов и наполнителей. Для этого используется сополимеризация олигоэфиров с диметакриловыми эфирами алкил-(или арил-)фосфиновых кислот, обладающих высокой реакционной способностью.

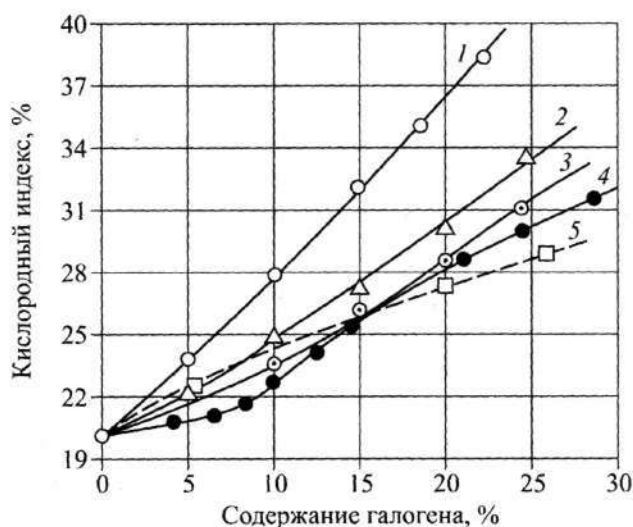
Получение стеклопластиков на основе полиэфира ПН-1, по воспламеняемости относящихся к группе В2, обеспечивается введением в состав полимера и 40–60% фосфакрилата. Однако применение фосфакрилата сопровождается значительным (на 10–20%) снижением показателей прочности и повышением (на 40–50%) водопоглощения. Положительным результатом введения фосфакрилата является увеличение теплостойкости до 220°C, увеличение выхода коксового остатка при высоких температурах, снижение выхода летучих про-

дуктов пиролиза и изменение их состава. В процессе разложения в 2–3 раза уменьшается выход CO и CO₂, формальдегида, бензола, стирола, ацетилен.

Применение реакционноактивных антипиренов можно рассматривать как химическое модифицирование полимеров, поскольку при этом происходит изменение химического строения и свойств макромолекул.

Химическую модификацию олигоэфирмалеинатов осуществляют путем использования в качестве исходных реагентов галоидсодержащих гликолей или дикарбоновых кислот и их ангидридов: 1,4-диокси-2,3-дибромбутана, 1,1-бис(оксиметил)-3,4-дибромциклогексана, дибромнеопентилгликоля, 3-хлорпропан-1,2-гликоля и других соединений. Полученные подобным образом непредельные олигоэфиры обладают высокой химической стойкостью и пониженной горючестью (рис. 6.10). При дополнительном введении в состав полимерных композиций светостабилизирующих веществ они приобретают стойкость к ультрафиолетовому облучению и повышенную стабильность при хранении.

В качестве модифицирующего реагента при синтезе олигоэфирмалеинатов для снижения их горючести применяют дихлор-эндо-метилентетрагидрофта-левый и тетрачлорфталевоый ангидриды или трихлоруксусный альдегид. Сопол-имеризация олигоэфиров на основе трихлоруксусного альдегида со стиролом приводит (при 30–33%-ном содержании в полимере хлора) к получению мате-риалов группы В2, обладающих повышенной термостойкостью (температура начала термического разложения — 220–230°C).



◀ **Рис. 6.10.** Зависимость кислородного индекса от содержания галогена в трехмерных полиэфирах, модифицированных:
 1 — тетрабромфталевоым ангидридом;
 2 — хлорэндиковым ангидридом;
 3 — тетрачлорфталевоым ангидридом;
 4 — дибромбутандиолом;
 5 — дибромнеопентилгликолем

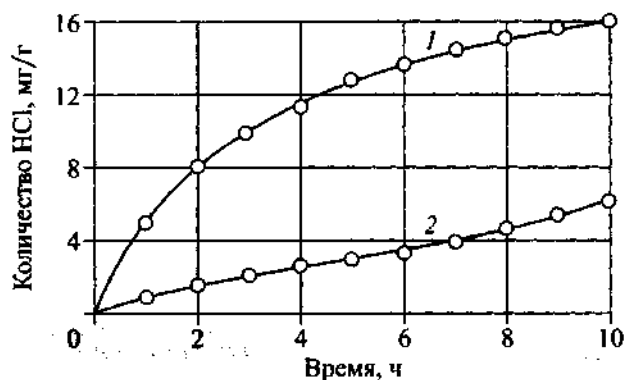
Самой низкой горючестью полимеры данного класса обладают в тех случаях, когда в процессе их получения используется хлорэндиковая кислота и малеиновый ангидрид при соотношении 1,00:0,07. Получаемые соединения не разлагаются вплоть до 175°C. Высокая эффективность хлорэндиковой кислоты обусловлена особенностями ее термического разложения: при 300–350°C она разлагается с образованием гексахлорциклопентадиена. Одновременно остальные компоненты полимерной композиции активно выделяют HCl. Гексахлорциклопентадиен ингибирует процесс деполимеризации отвержденных полимеров.

Непредельные олигоэфирсы на основе хлорэндиковой кислоты и тетрафторфталевого ангидрида характеризуются повышенной жесткостью, твердостью и модулем упругости вследствие наличия в цепи олигоэфирсы звеньев циклического строения. Одновременно, из-за значительной хрупкости, разрушающее напряжение при растяжении и изгибе, а также удлинение при разрыве отвержденных смол невелики.

Использование в процессе синтеза олигоэфирмалеинатов реагентов циклического и разветвленного строения приводит к повышению гидролитической устойчивости получаемых продуктов. Стеклопластики на основе полиэфирных смол и хлорэндикового ангидрида обладают высокой стойкостью к действию горячей воды, водных растворов минеральных кислот (соляной, серной, ортофосфорной). Следует отметить, что замена в процессе синтеза фталевого ангидрида на хлорэндиковый сопровождается увеличением концентрации токсичных веществ, выделяемых при пиролизе.

В промышленности реализован процесс получения непредельных олигоэфирсов сополимеризацией ангидридов дикарбоновых кислот с эпихлоргидрином в присутствии в качестве катализаторов кислот Льюиса. Процесс получения олигоэфирмалеинатов на основе эпихлоргидрина протекает при более низких температурах, чем поликонденсация гликолей с хлорсодержащими ангидридами. Для снижения горючести в состав полимеров вводят Sb_2O_3 или фосфорсодержащие мономеры. Кислородный индекс отвержденных связующих находится в пределах 26–28, а стеклопластиков на их основе — 34–37. Более высокая эффективность эпихлоргидрина по сравнению с хлорэндиковым ангидридом объясняется его меньшей термостойкостью и более легким выделением HCl при деструкции полиэфирсов, полученных на его основе (рис. 6.11).

Значительный эффект достигается при замене тетрафторфталевого ангидрида при синтезе ненасыщенных олигоэфирсов на тетрабромфталевоый. Получа-



◀ Рис. 6.11. Скорость выделения хлористого водорода при 205°C из непредельных олигоэфиров на основе:
1 — этилхлоргидрина;
2 — хлорэндикового ангидрида

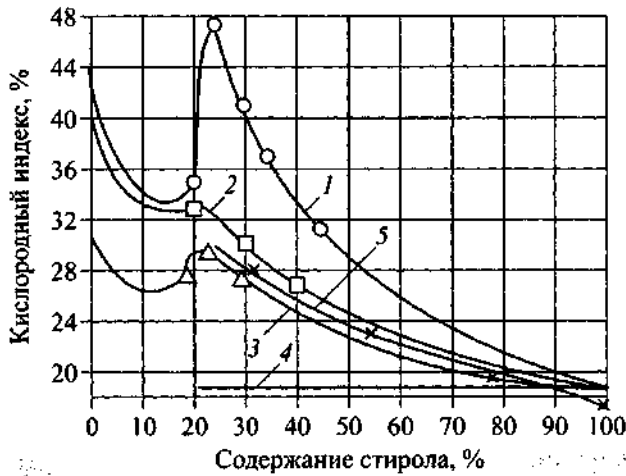
емые продукты отличаются более высокой теплостойкостью, твердостью и прочностью. При содержании брома в молекуле свыше 12% проявляется эффект снижения горючести. Стеклопластики, содержащие свыше 20% Br, имеют КИ > 30.

Термоокислительная деструкция отвержденных олигоэфирмалеинатов, модифицированных тетрабромфталевым ангидридом, протекает в две стадии. Интенсивное разложение наблюдается в интервалах температур 250–400 и 420–500°C. Масса коксового остатка, образующегося при разложении, не превышает 8%, она практически не зависит от состава олигоэфиров.

Положительный результат для снижения горючести ненасыщенных олигоэфиров получен при использовании 2,5-дибромфталевой кислоты, а также бромированных оксibenзойной и салициловой кислот. При этом в качестве кислотного компонента применяется аддукт О,О-диэтил(циклопентаденилизопропил)фосфоната с малеиновым ангидридом.

Применение галоид- и фосфорсодержащих мономеров или олигомеров для повышения термостойкости и снижения горючести материалов на основе олигоэфирмалеинатов удобно в технологическом отношении. В процессе производства осуществляется простая замена части стирола на соответствующий мономер.

Измерение кислородного индекса продуктов сополимеризации олигоэфирмалеинатов, полученных на основе этиленгликоля, малеинового и хлорэндикового ангидридов со стиролом и метилметакрилатом, показало (рис. 6.12), что наименьшую горючесть имеют сополимеры со стиролом. Участие стирола в процессе полимеризации обеспечивает получение продуктов с максимальной молекулярной массой. При 20–25%-ном содержании стирола в галоидсодержащих олигоэфирмалеинатах отвержденные связующие имеют максимальные



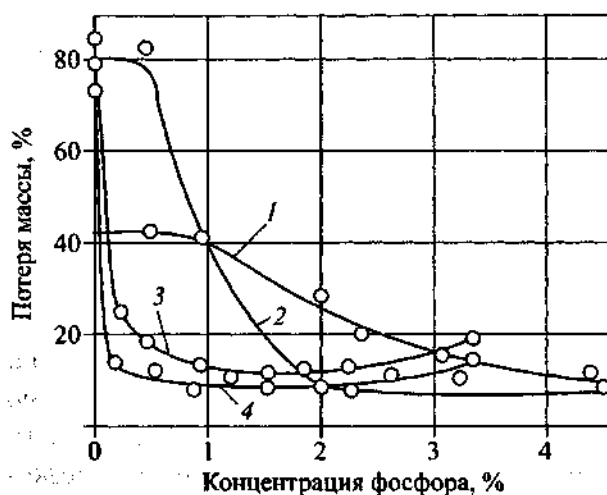
◀ Рис. 6.12. Влияние содержания стирола на величину КИ сополимеров НПЭФ, модифицированных дибромнеопентилгликолем (1), хлорэндиковым ангидридом (2) и тетрачлорфталевым ангидридом (3), не содержащих антипирена (4), на основе дибромнеопентилгликоля с метилметакрилатом (5)

значения КИ. При этом содержании стирола реализуется и самая высокая степень поперечного сшивания трехмерных полиэфиров.

В качестве хлор- и бромсодержащих мономеров используют: о-хлорстирол, 2,5-дихлорстирол, 2,5-дибромстирол, 2,2-бис(бромметил)-1,3-пропандиол, 2,3-дихлорпропилдиаллилцианурат, винильные эфиры моно- и полихлорзамещенных алифатических кислот. Применение о-хлорстирола обеспечивает высокую скорость сополимеризации и уменьшает усадку при полимеризации. Образующийся полимер отличается повышенной стойкостью к разрушению при изгибе; при температурах до 180°C сохраняет до 40% исходной прочности полиэфирного полимера. Высокими теплостойкостью и физико-механическими показателями и удовлетворительной атмосферостойкостью обладают полиэферы, для получения которых в качестве мономера использован дибромстирол. При содержании дибромстирола в связующем, обеспечивающем концентрацию брома в полимере в количестве 20%, КИ равен 24, а стеклопластиков на их основе — 33.

Положительный эффект в снижении горючести олигоэфиров достигнут при использовании в процессе синтеза фосфорсодержащих мономеров, молекулы которых содержат ненасыщенные двойные связи (винильные, аллильные, акрилатные или метакрилатные группы). Например, использование фосфоноксиэтилметакрилата позволяет получить стеклопластик пониженной горючести (Г3, В2) с высокими физико-механическими показателями. Интересно отметить, что фосфорсодержащие мономеры обладают большой реакционной способностью по сравнению с мономерами, молекулы которых не содержат атомы фосфора.

Горючесть хлорфосфорсодержащих сополимеров олигоэфирмалеинатов, полученных при сополимеризации хлорэндикового (13,6% хлора) или тетра-хлорфталевого (14,2% хлора) ангидридов со стиролом и диметакрилоксиэтилметилфосфонатом, резко снижается с увеличением содержания фосфора в полимере (рис. 6.13). Снижение горючести практически прекращается при содержании фосфора ~2%, что обусловлено увеличением содержания легкоразлагающихся метилакрилатных групп. Оптимальным содержанием фосфора является его концентрация в пределах 1–2%.



◀ Рис. 6.13. Зависимость горючести хлорсодержащих сополимеров от содержания фосфора:

- 1 — ненасыщенный полиэфир на основе хлорэндикового ангидрида + ТГМ-3 + диметакрилоксиэтилметилфосфонат (ДММФ);
- 2 — стеклопластик на основе сополимера;
- 3 — ненасыщенный полиэфир на основе хлорэндикового ангидрида + стирол + ДММФ;
- 4 — ненасыщенный полиэфир на основе тетрахлорфталевого ангидрида + ДММФ

Олигоэфиры, содержащие в своем составе атомы фосфора, получают, используя в качестве одного из исходных компонентов аддукты алкил-, хлоралкил- или арилалкилфосфатов с малеиновым ангидридом. Для получения материалов пониженной горючести оптимальное содержание связанного фосфора должно быть в пределах 0,5–1,2% при одновременном содержании галоида 16–20%. Модификация олигоэфира достигается введением в процессе поликонденсации фосфорсодержащих производных циклопентадиена. При этом наряду со снижением горючести наблюдается увеличение их прочности при статическом и динамическом изгибах. Подобный способ позволяет получать материалы с высокой химической и теплостойкостью, хорошими диэлектрическими показателями.

6.8. Материалы на основе полиолефинов

Полиолефины представляют собой продукты полимеризации соответствующих олефинов, главным образом этилена и пропилена. Из этого класса материалов наибольшее распространение получили полиэтилен, полипропилен и разнообразные сополимеры этилена и пропилена.

Полиолефины отличаются низкой газо- и влагопроницаемостью, достаточной прочностью, высокими диэлектрическими характеристиками.

В строительстве материалы на основе полиолефинов применяют в качестве гидроизоляционных пленок, напорных и безнапорных труб в системах водоснабжения и канализации, погонных и санитарно-технических изделий, вентиляционных коробов. Нити из полипропилена используют при изготовлении напольных покрытий.

Основными недостатками строительных материалов на основе полиолефинов являются низкая термостойкость и повышенная пожарная опасность. Большинство из них по горючести относятся к группе Г4, а по воспламеняемости — к группе ВЗ. Эти материалы горят без образования коксового остатка, КИ находится в пределах 17–18, температура воспламенения — 320–340°C, температуры самовоспламенения — 350–390°C. Горение полиолефинов сопровождается плавлением и разбрызгиванием горящих капель с незначительным дымовыделением. На условия дымообразования полиолефинов существенное влияние оказывает степень их кристалличности. Взаимосвязь коэффициента дымообразования и относительной степени кристалличности α , иллюстрируемая рис. 6.14, описывается экспоненциальной функцией:

$$D_m^{\max} = 3,62 \cdot 10^{-3} e^{\alpha}, \quad (6.5)$$

Дымообразование термостабилизированных материалов на основе полиэтилена высокого давления в режиме пиролиза на 30–45% выше дымообразования исходного полимера.

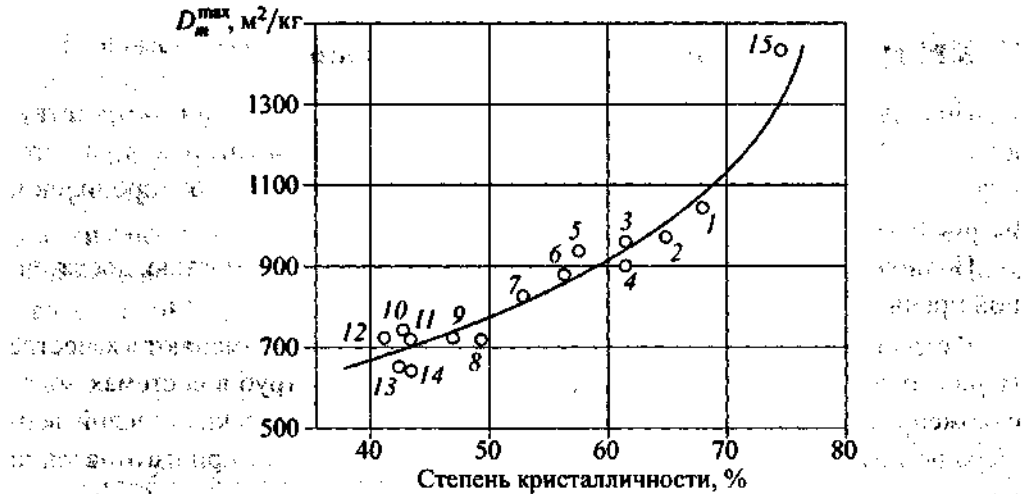
Температура горячей поверхности составляет:

для полиэтилена:

- низкого давления (495 ± 5)°C
- высокого давления (510 ± 5)°C

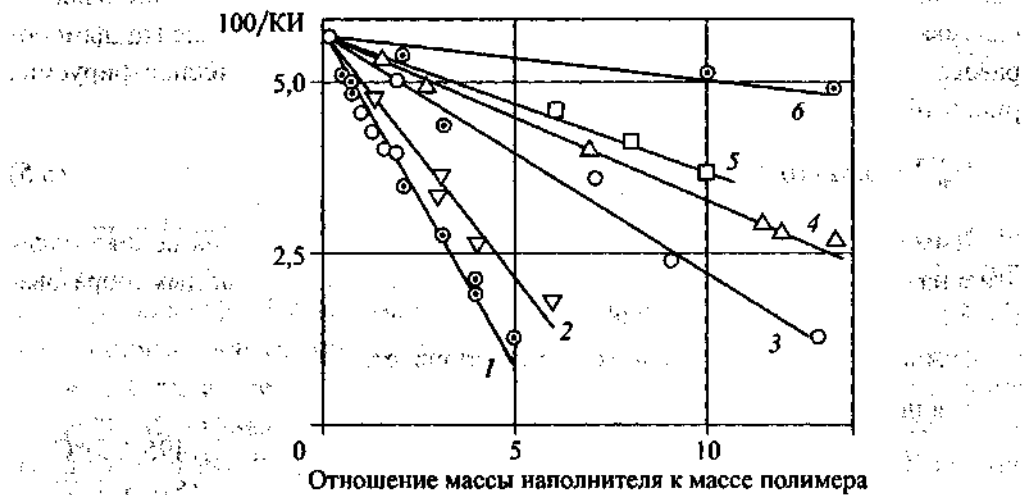
для полипропилена. (520 ± 5)°C

Температура пламени достигает величин 1300–1700°C, теплота сгорания полиолефинов составляет 42000–47000 кДж/кг.



▲ Рис. 6.14. Зависимость коэффициента дымообразования полимеров от степени их кристалличности:

1 — полиэтиленовый воск ПВО-220; 2 — воск ПВО-50; 3 — воск ПВО-40; 4 — полиизобутилен; 5 — воск ПВО-30; 6 — полиэтилен низкого давления; 7 — этиленпропиленовый каучук; 8 — полиэтилен БУ (бывший в употреблении); 9 — полиэтилен высокого давления; 10–13 — сшитый полиэтилен; 14 — вторично переработанный полиэтилен; 15 — полипропилен



▲ Рис. 6.15. Зависимость кислородного индекса наполненного полиэтилена от соотношения массы наполнителя и полимера:

1 — $Al(OH)_3$; 2 — $NaHCO_3$; 3 — LiF ; 4 — Al_2O_3 ; 5 — Al ; 6 — PbO

Введение наполнителей не оказывает заметного влияния на горючесть полиолефинов. В качестве наполнителей чаще всего применяют карбонат кальция, тальк, асбест, слюду и гидроксид алюминия, которые повышают прочность, жесткость, твердость и теплопроводность полиолефинов, снижают их усадку и коэффициент линейного расширения.

Незначительное повышение КИ полиолефинов, наполненных неразлагающимися наполнителями (см. рис. 6.15) обусловлено уменьшением содержания горючей части материала. Эффективность неразлагающихся наполнителей определяется их удельной теплоемкостью. Для достижения величины КИ полиэтилена, равной 27, в него необходимо ввести Al_2O_3 в количестве, превышающем 85% масс. При таком содержании наполнителя потребительские свойства материала становятся неудовлетворительными.

Разлагающиеся наполнители (гидрокарбонаты и гидроксиды металлов) в большей степени влияют на снижение горючести полиолефинов. Однако даже введение 50% масс. $Al(OH)_3$ в состав полипропилена не позволяет перевести его в группу ГЗ.

Наполнение полиолефинов тонкодисперсными минеральными наполнителями обычно не превышает 30% масс. Это ограничение связано с резким увеличением хрупкости при большем содержании наполнителя. Для улучшения совместимости между наполнителями и полимером, а также для улучшения перерабатываемости получаемого материала в состав композиций вводят стеариновую кислоту, гидрированный полиметилсилоксан, органотитанаты. Применение органотитанатов в пределах 0,05–1,5% от массы наполнителя позволяет повысить степень наполнения полипропилена мелом до 70% масс. без ухудшения физико-механических свойств материала. При модификации гидроксида алюминия алюмотитанатами в количестве 2% от массы наполнителя (при соотношении $Al:Ti$, равном 4:1, 2:1 или 1:1) эластичность полиэтилена, содержащего до 30% масс. $Al(OH)_3$, существенно возрастает: относительное удлинение при разрыве увеличивается с 220 до 460%, а разрушающее напряжение при растяжении снижается с 10,3 до 8,6 МПа.

Более существенные результаты по снижению горючести достигаются химической модификацией полиолефинов. Направленное изменение структуры, свойств и пожарной опасности полиолефинов осуществляют двумя путями. Первый заключается в сополимеризации олефинов с галоидсодержащими мономерами: винилхлоридом, винилфторидом, хлортрифторэтиленом, винилиденхлоридом, тетрафторэтиленом, второй — в воздействии на полимер галоид-

фосфор- или серусодержащими соединениями в процессе галоидирования, фосфорилирования или сульфохлорирования.

Хлорированный полиэтилен в промышленных масштабах получают хлорированием газообразным хлором раствора полимера в хлорорганическом растворителе или водной дисперсии полимера.

Хлорированный полиэтилен в зависимости от содержания хлора в молекуле полимера может обладать свойствами:

- пластиков (при содержании хлора ~15% масс.);
- эластопластов (при содержании хлора от 16 до 24% масс.);
- эластомеров (при содержании хлора от 25 до 50% масс.);
- полуэластичных кожеподобных жестких полимеров (при содержании хлора от 51 до 60% масс.);
- хрупких смол (при содержании хлора от 61 до 73% масс.).

Хлорированный полиэтилен под воздействием пламени не плавится, а покрывается слоем кокса, препятствующим распространению пламени.

Основные свойства хлорированного полиэтилена приведены ниже:

Содержание в полимере, % масс.:

— хлора	32–65
— влаги	0,05–0,13
— летучих	0,26–0,70

Температура выделения, °С:

— хлора	44–118
— влаги	109–170

Разрушающее напряжение при растяжении, МПа 1,8–12,8

Модуль упругости при 100%-ном удлинении, МПа 0,4–0,6

Относительное удлинение при разрыве, % 18–1500

Хлорированный полиэтилен применяют для получения огнезащищенных и химически стойких связующих для лаков и красок, пенопластов, огнезащитных покрытий. Хлорированный полиэтилен с содержанием хлора 25–50% масс. используют для повышения эластичности, ударной прочности, морозо-, масло- и бензостойкости, а также снижения пожарной опасности материалов на основе ПВХ, полиэтилена, полипропилена, полистирола и полиуретанов. Лучше всего он совмещается с ПВХ. В отличие от хлорпарафинов хлорированный полиэтилен хорошо растворяется в ПВХ. Для усиления эффекта снижения горючести в хлорированный полиэтилен дополнительно вводят Sb_2O_3 в сочетании с ZnO или эфирами ортофосфорной кислоты.

Хлорсульфированный полиэтилен в виде эластомеров и эластопластов получают химической модификацией полиэтилена газообразным хлором и сернистым ангидридом в растворе. Для получения хлорсульфированного полиэтилена с оптимальными свойствами используют полиэтилен со средней молекулярной массой $(25-30) \cdot 10^3$.

Снижение пожарной опасности полиолефинов может быть достигнуто применением антипиренов аддитивного типа. Как было отмечено выше, неорганические антипирены неэффективны в полиолефинах даже при их содержании более 50% масс. Поэтому для достижения эффекта снижения горючести используют сочетания фосфатов, боратов или фторборатов с триоксидом сурьмы и гексабромбензолом. Установлено, что из неорганических соединений наиболее эффективны соединения аммония — полифосфат и фторборат аммония.

Для получения материалов пониженной горючести на основе полиолефинов используются хлорированные парафины, содержащие более 70% масс. хлора. Эффективность хлорпарафинов-антипиренов снижается в следующей последовательности: полиэтилен высокого давления > полиэтилен низкого давления > полипропилен. Введение хлорированных парафинов одновременно со снижением горючести сопровождается снижением разрушающего напряжения при растяжении, ухудшением диэлектрических свойств и снижением термостойкости полиолефинов. Избежать подобных негативных эффектов можно использованием вместо хлорпарафинов галоидсодержащих алициклических и ароматических соединений, температура плавления которых близка к температуре перехода полимера в вязкотекучее состояние: гексабромциклододекан, тетра- и гексабромбензолы, триброманилин, пентабромэтилбензол, трибромфенилмалеимид, трихлортетрабромтолуол, тетрабромфталевый ангидрид.

В процессе эксплуатации материалов на основе полиолефинов пониженной горючести может наблюдаться “выпотевание” антипиренов из объема материала на его поверхность, что проявляется в виде белесых пятен. Процесс выпотевания сопровождается снижением эффекта огнезащитности. Основным фактором, определяющим скорость выпотевания кристаллических антипиренов из полиолефинов, является их растворимость в полимере. Антипирены, обладающие высокой растворимостью в полиэтилене, имеют и высокую скорость выпотевания (табл. 6.4).

Механизм выпотевания антипиренов заключается в следующем. Антипирен находится в материале в виде кристаллической фазы и в виде раствора антипирена в аморфной фазе полимера. Раствор вследствие значительной разно-

Таблица 6.4. Параметры, характеризующие выпотевание галогенсодержащих кристаллических антипиренов из полиэтилена высокого давления

Антипирен	Температура плавления, °С	Начальная скорость выпотевания, %/мин	Коэффициент диффузии, $\cdot 10^{11}$ м ² /с	Энергия активации процесса диффузии, кДж/моль	Коэффициент растворимости, кг/м ³ (при 90°С)
Тетраброманилин	118	2,98	5,24	–	31,5
Триброманилин	120	2,55	4,80	–	23,3
Трибромфенилмалеимид	143	0,96	3,18	71,2	10,8
Гексабромбензол	316	0,033	3,16	70,8	3,1
Декабромдифенилоксид	292	0,023	1	69,2	1,6
Тетрабромфенилмалеимид	216	0,013	1,56	58,8	1,7
Дехлоран А (аддукт реакции гексахлорциклопентадиена с циклооктадиеном в соотношении 2:1)	350	0,012	0,8	–	0,9

сти температур изготовления и эксплуатации материала, а также затруднения кристаллизации антипирена в среде полимера представляет собой неравновесную систему. Выпотевание антипиренов на поверхность происходит в результате его массопереноса из перенасыщенного раствора в полимере в поверхностную область, где кристаллизация облегчается. На начальном этапе кристаллизуется антипирен, находящийся в поверхностном слое в виде перенасыщенного раствора. Снижение концентрации антипирена в этом слое создает диффузионный поток антипирена, направленный к поверхности. Возможность кристаллизации на поверхности материала определяет существенное отличие механизма выпотевания кристаллических антипиренов от выпотевания жидких добавок, в частности пластификаторов.

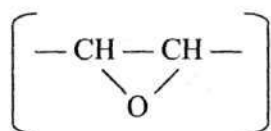
Наибольший эффект снижения пожарной опасности полиолефинов достигается при введении в их состав синергических смесей, компоненты которых усиливают действия друг друга. Общая эффективность таких смесей зависит от природы полимера и химического строения галоидсодержащих антипиренов. При использовании в качестве одного из компонентов синергических смесей трехокиси сурьмы результат зависит от легкости образования галоидпроизводных сурьмы и участия в ингибировании газофазных реакций в пламени. Эффективность галоидсодержащих соединений во многом определяется

соотношением водород–галогид в молекуле антипирена. В качестве синергистов к галогидсодержащим антипиренам вместо оксида сурьмы можно использовать диоксид олова, дифенилмышьяковистую кислоту, борат цинка и различные фосфорорганические соединения.

Снижение пожарной опасности полиолефинов может быть достигнуто введением в их состав эфиров фосфорной, фосфиновой и фосфористой кислот. Эти соединения вводят в полиолефины в количестве до 20% масс. В большинстве случаев они не выкристаллизовываются из материалов.

6.9. Материалы на основе эпоксидных смол

Эпоксидные смолы содержат в составе макромолекул более одной эпоксидной группы



Эпоксидные группы расположены на концах или вдоль основной цепи молекулы, либо в кольце алицикла. Эпоксидные группы весьма реакционноспособны. Они реагируют со многими полифункциональными соединениями с образованием трехмерных полимеров. Наибольшее применение для получения связующих получили продукты взаимодействия дифенолов, диоксибензолов и полиолефинов с эпихлоргидрином.

Благодаря своим свойствам (высокой прочности, химической и атмосферостойкости, адгезии ко многим материалам) эпоксидные полимеры широко применяются в строительстве. При этом они не лишены недостатков, к которым можно отнести сравнительно низкую термостойкость, чувствительность к УФ-лучам, повышенную пожарную опасность. Разложение эпоксидных полимеров начинается при температуре 150–170°C. Массовая скорость выгорания составляет 7,8 г/с; линейная скорость горения — 3,5–4,0 мм/мин. Температура поверхности при горении эпоксидных полимеров достигает 500–530°C, температура пламени — 950–970°C. В зависимости от химического строения исходных компонентов, использованных для получения олигомеров, а также содержания и природы отвердителей КИ эпоксидных полимеров колеблется в пределах 20–35. Процесс горения сопровождается выделением большого количества дыма.

Эпоксидные полимеры с содержанием в макромолекулах атомов галоидов синтезируют взаимодействием эпихлоргидрина с галоидсодержащими ди- и полифенолами или со смесью хлорированных и бромированных бисфенолов. Их можно получать также бромированием продукта конденсации анилина с эпихлоргидрином или эпоксидированием продукта взаимодействия эпихлоргидрина с галогенсодержащими эпоксидными соединениями. Эпоксидные полимеры, полученные на основе гексахлорбензола и отвержденные 4,4-диаминодифенилметаном, при содержании хлора в пределах 13–25% имеют КИ 24,5–28,5%. При введении в эти полимеры 5% Sb_2O_3 кислородный индекс повышается на 30%. Важно отметить, что введение трехоксида сурьмы практически не влияет на термостойкость, физико-механические и электрические свойства материала.

Бромсодержащие эпоксидные смолы используются для получения стекло-текстолита пониженной горючести с высокими диэлектрическими, физико-механическими показателями и теплостойкостью выше 150°C. Увеличение содержания брома в связующем с 16 до 32% сопровождается повышением КИ текстолита с 36 до 50%.

Эффективность галоидсодержащих соединений по снижению горючести эпоксидных полимеров возрастает в присутствии синергистов: Sb_2O_3 , ZnO , SnO_2 . В качестве синергистов могут выступать также эфиры ортофосфорной кислоты.

Синтез фосфорсодержащих эпоксидных олигомеров может быть осуществлен двумя методами: взаимодействием эпихлоргидрина с фосфорорганическими соединениями, содержащими две или более гидроксильных групп, и эпоксидированием двойных связей ненасыщенных фосфорсодержащих соединений. Основным видом сырья для получения эпоксидных олигомеров является трифосфониларилхлорид. Для получения эпоксидных смол с содержанием фосфора 9–12% используют трис(оксиметил)фосфиноксид, алкилбис(оксиметил)фосфиноксид или продукты взаимодействия фенолов с оксиметильными производными эпихлоргидрина. Температура начала термического разложения фосфорсодержащих эпоксидных полимеров ~210°C, КИ в зависимости от условий отверждения колеблется в пределах 27–36. Для подобных полимеров характерно повышенное дымообразование в режиме пламенного горения.

Химическое строение отвердителей, используемых при производстве эпоксидных полимеров, оказывает существенное влияние на структуру образующихся полимеров, их эксплуатационные характеристики и пожароопасные свойства. Например, эпоксидные полимеры, для отверждения которых исполь-

зовались ангидриды дикарбоновых кислот, являются более горючими, чем отвержденные аминами. Присутствие в отвердителе ароматических ядер снижает горючесть и повышает термостойкость эпоксидных полимеров по сравнению с алифатическими отвердителями. Влияние природы отвердителей на величину кислородного индекса эпоксидных композиций характеризуется следующими данными:

Отвердитель	КИ, %
Полиэтиленполиамин	21,3
м-Фенилендиамин	24,3
Бензидин	34,7
Уротропин	33,2
Малеиновый ангидрид	27,4
Тримеллитовый ангидрид	28,7
Хлорангидрид тримеллитового ангидрида	29,5

Значительное снижение горючести эпоксидных полимеров удается достичь применением галоидсодержащих отвердителей, в качестве которых используются: смеси трибромметафенилендиамина с метафенилендиамином или 3,3-дихлор-4,4-диаминодифенилбензилиденом, аддуктов алифатических аминов с дибромкрезилглицидовым эфиром, а также индивидуальные соединения — 3,3-дихлор-4,4-диаминофенилметан и дихлор-*p*-аминобензиланилин.

Применение некоторых отвердителей приводит к ухудшению физико-механических и пожароопасных свойств эпоксидных соединений. Например, использование для снижения горючести хлорэндикового ангидрида сопровождается понижением термо- и светостойкости полимера. При повышенных температурах эпоксидные полимеры, полученные с участием этого соединения, разлагаются с выделением HCl и фосгена. Легкость отщепления хлористого водорода обусловлена наличием в молекуле ангидрида двух активированных карбонильными группами α -водородных атомов, а фосгена — разрывом дихлорметиленового мостика.

Недостатков галоидсодержащих отвердителей в значительной степени лишены фосфорсодержащие, которые придают эпоксидным полимерам (наряду с понижением горючести) высокую термостойкость. К таким отвердителям относятся: фосфорсодержащие глицидиловые соединения, фосфиновая кислота, аминофосфаты, ди- и триоксифениловые эфиры метилфосфоновой и фосфорной кислот, моно-, ди- и триалкилфосфины, аминоклотрифосфазены, полиметаллофосфаты, полученные термической обработкой солей *o*-фосфорной

кислоты (полиалюмофосфаты, полицинкофосфаты, полиалюмомагнийфосфаты). Полиметаллофосфаты вводят в олигомеры в виде спиртовых (50%-ной концентрации) или водных (70%-ной концентрации) растворов.

При использовании фосфорсодержащих отвердителей следует иметь в виду возможность снижения термостойкости.

Улучшения механических, термических и диэлектрических свойств эпоксидных полимеров можно достичь методом модификации — совмещением их с другими соединениями, содержащими различные функциональные группы: мочевинофенолформальдегидными олигомерами, полиамидами и кремнийорганическими соединениями. Практическое применение нашли блоксополимеры эпоксидных и фенолформальдегидных резольных олигомеров, а также полимеры, полученные при взаимодействии новолачных олигомеров с эпихлоргидрином. При этом эпоксидно-новолачные блоксополимеры, обладая хорошими эксплуатационными свойствами (высокой механической прочностью, малой усадкой, стойкостью к агрессивным средам), отличаются низкой теплостойкостью и повышенной горючестью. Для устранения этих недостатков в блоксополимеры вводят полифосфазены, полимеры на основе циклофосфазенов, аминциклофосфазены.

В качестве галоидсодержащих антипиренов для получения материалов на основе эпоксидных олигомеров применяют: хлорированные парафины, гексабромбензол, декабромбифенил, пентабромтолуол, октабромдифенилоксид, пентабромфеноксibenзол, тетрабромбисфенол, трибром- и пентабромфенолы, хлорэндиковый и тетрахлорфталевоый ангидриды, дибромбутендиол и дибромнеопентилгликоль. Для повышения эффективности их используют в сочетании с синергистами: Sb_2O_3 или органическими фосфатами. Снижение горючести эпоксидных полимеров достигается также при введении в них неорганических соединений: $Al(OH)_3$, фторбората аммония, метабората натрия, бората цинка и ортофосфата аммония.

Высокой эффективностью при снижении горючести обладают комплексно связанные соли кобальта и марганца, в несколько меньшей степени — никеля. Полимерная композиция на основе диглицидилового эфира дифенилолпропана, содержащая в качестве отвердителя диаминодифенилметан, при введении 2,5–3,0 масс. ч. молекулярных комплексов Co и Mn на 100 масс. ч. олигомера имеет КИ = 32. При этом значительно возросли показатели физико-механических свойств: теплостойкости, твердости и разрушающего напряжения при изгибе. Введение указанных соединений привело к снижению скорости газификации эпоксидного полимера за счет интенсификации процесса коксообразования.

Положительное влияние на снижение горючести эпоксидных полимеров оказывают соединения ванадия: V_2O_5 , VCl_3 , ванадиевая бронза, ванадат кобальта. Они повышают термостойкость полимеров, снижают скорость процессов термоокислительного пиролиза, ускоряют реакции дегидрирования и дегидратации, что способствует коксообразованию и уменьшению выхода горючих продуктов пиролиза. Плотность образующегося кокса существенно возрастает.

Высокой эффективностью обладают также антипирены, состоящие из смеси фенолформальдегидных полимеров (отвержденных уротропином в присутствии трехзамещенного фосфата аммония) и ванадиевой бронзы. Эти антипирены проявляют свою эффективность преимущественно в конденсированной фазе.

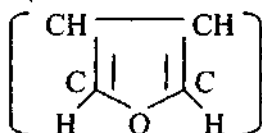
Для снижения дымообразующей способности при горении эпоксидных полимеров и уменьшения содержания СО в продуктах горения используют оксиды металлов переменной валентности: MnO_2 , Fe_2O_3 , CuO .

Весьма эффективным оказалось применение антипиренов, заключенных в микрокапсулы, оболочка которых состоит из желатина, поливинилового спирта или полимочевины. Антипиренами в этом случае являются трихлорэтил- или трибромпропилфосфаты, четыреххлористый углерод. Содержание антипиренов в микрокапсулах находится в пределах от 70 до 98%. Размеры микрокапсул — 10–300 мкм при толщине оболочки 0,5–5,0 мкм. При введении подобным образом в состав полимера 15% CCl_4 кислородный индекс возрастает до 46.

Влияние волокнистых наполнителей на горючесть эпоксидных полимеров определяется природой наполнителя. Органические наполнители (целлюлозные и хлопковые волокна) увеличивают горючесть композиционных материалов, термостойкие волокна из ароматических полиамидов, полиимидов и пиронов — снижают.

6.10. Материалы на основе фурановых смол

Фурановые смолы — термоактивные олигомеры, получаемые из соединений, содержащих фурановый цикл:



Их получают конденсацией фурфурола и ацетона, фурфурола и фурфурилового спирта.

Фурановые смолы — жидкие или твердые вещества от темно-коричневого до черного цвета, плотностью 1100–1200 кг/м³. Они отверждаются при нагревании до 150–170°C или в присутствии катализаторов — минеральных кислот или ароматических сульфокислот.

В строительстве фурановые смолы применяются в качестве добавок к полимербетонам, водостойким древесно-стружечным плитам пониженной горючести, в производстве стеклопластиков, асбопластиков, графитопластов, пленкообразующих лаков для антикоррозионных покрытий, полифурановых пенопластов.

Высоконаполненные фурановые олигомеры обладают пониженной горючестью. Это достигается введением в их состав антипиренов и использованием в качестве отвердителя бензолсульфокислоты.

Снижение горючести ненаполненных фурановых полимеров обеспечивается их модификацией фосфорсодержащими фурфуриловыми соединениями — продуктами взаимодействия диалкилфосфитов с фурфуролом.

Полифурановые пенопласты пониженной горючести с КИ = 40–41 получают на основе фурфурольной смолы, синтезированной из фурфурола и гексаметилентетрамина и вспенивающе-отверждающего агента — продукта ВАГ-3. Эти материалы имеют плотность 80–300 кг/м³, разрушающее напряжение при сжатии — 0,1–3,0 МПа, влагопоглощение за 24 ч. — 5,0–6,0%. При длительном тепловом воздействии в течение 200 ч при температуре 420–450°C прочность фурановых пенопластов возрастает примерно на 10%.

ГЛАВА 7

НОРМИРОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

7.1. Система нормативных документов в строительстве

Система нормативных документов в строительстве устанавливается Строительными нормами и правилами (СНиП) 10-01-94 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения». Указанные СНиП определяют основные цели, принципы и общую структуру системы нормативных документов в строительстве (далее — Системы), требования к нормативным документам, их содержанию, построению, изложению и оформлению, порядок разработки, принятия и применения.

Согласно СНиП 10-01-94 система нормативных документов в строительстве представляет собой совокупность взаимосвязанных документов, принимаемых компетентными органами исполнительной власти и управления строительством, предприятиями и организациями для применения на всех этапах создания и эксплуатации строительной продукции в целях защиты прав и охраняемых законом интересов ее потребителей, общества и государства.

Система, исходя из общих целей стандартизации, должна способствовать решению стоящих перед строительством задач с тем, чтобы обеспечить:

- соответствие строительной продукции своему назначению и создание благоприятных условий жизнедеятельности населения;
- безопасность строительной продукции для жизни и здоровья людей в процессе ее производства и эксплуатации;
- защиту строительной продукции и людей от неблагоприятных воздействий с учетом риска возникновения чрезвычайных ситуаций;
- надежность и качество строительных конструкций и оснований, систем инженерного оборудования, зданий и сооружений;
- выполнение экологических требований, рациональное использование природных, материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов;
- взаимопонимание при осуществлении всех видов строительной деятельности и устранение технических барьеров в международном сотрудничестве.

Объектами стандартизации и нормирования в Системе являются:

- организационно-методические и общие технические правила и нормы, необходимые для разработки, производства и применения строительной продукции;
- объекты градостроительной деятельности и строительная продукция — здания, сооружения и их комплексы;
- промышленная продукция, применяемая в строительстве, — строительные изделия и материалы, инженерное оборудование, средства оснащения строительных организаций и предприятий стройиндустрии;
- экономические нормативы, необходимые для определения эффективности инвестиций, стоимости строительства, материальных и трудовых затрат.

Правовой базой стандартизации и нормирования в строительстве является законодательство Российской Федерации, определяющее взаимоотношения участников инвестиционной деятельности, их права, обязанности и ответственность за качество продукции и услуг. Строительные нормы, правила и стандарты являются одним из средств межотраслевого регулирования и управления при проектировании и строительстве в целях реализации требований законодательства.

Разработку нормативных документов в строительстве предусматривается осуществлять на принципах, принятых государственной системой стандартизации Российской Федерации и международными организациями по стандартизации при обеспечении необходимой гармонизации и сопоставимости с международными стандартами в области строительства, строительным законодательством и стандартами технически развитых зарубежных стран.

Нормативные документы Системы подразделяют на государственные федеральные документы, документы субъектов Российской Федерации и производственно-отраслевые документы субъектов хозяйственной деятельности. С учетом требований ГОСТ Р 1.0 в составе системы разрабатывают следующие документы.

- Федеральные нормативные документы:
 - строительные нормы и правила Российской Федерации — СНиП;
 - государственные стандарты Российской Федерации в области строительства — ГОСТ Р;
 - своды правил по проектированию и строительству — СП;
 - руководящие документы Системы — РДС.
- Нормативные документы субъектов российской Федерации:
 - территориальные строительные нормы — ТСН;

- Производственно-отраслевые нормативные документы:
 - стандарты предприятий (объединений) строительного комплекса — СТП;
 - стандарты общественных объединений — СТО.

В качестве федеральных нормативных документов применяют также межгосударственные строительные нормы и правила, межгосударственные стандарты (ГОСТ), введенные в действие на территории Российской Федерации.

Строительные нормы и правила Российской Федерации устанавливают обязательные требования, определяющие цели, которые должны быть достигнуты, и принципы, которыми необходимо руководствоваться в процессе создания строительной продукции.

Государственные стандарты Российской Федерации в области строительства устанавливают обязательные и рекомендуемые положения, определяющие конкретные параметры и характеристики отдельных частей зданий и сооружений, строительных изделий и материалов и обеспечивающие техническое единство при разработке, производстве и эксплуатации этой продукции.

Своды правил по проектированию и строительству устанавливают рекомендуемые положения в развитии и обеспечении обязательных требований строительных норм, правил и общетехнических стандартов Системы или по отдельным самостоятельным вопросам, не регламентированным обязательными нормами.

Руководящие документы Системы устанавливают обязательные и рекомендуемые организационно-методические процедуры по осуществлению деятельности в области разработки и применения нормативных документов в строительстве, архитектуре, градостроительстве, проектировании и изысканиях.

Территориальные строительные нормы устанавливают обязательные для применения в пределах соответствующих территорий и рекомендуемые положения, учитывающие природно-климатические и социальные особенности, национальные традиции и экономические возможности республик, краев и областей России.

Стандарты предприятий (объединений) устанавливают для применения на данном предприятии или в объединении положения по организации и технологии производства, а также обеспечению качества продукции. При этом, строительные акционерные общества, ассоциации, концерны и другие объединения в соответствии с правами, делегированными им их учредителями, устанавливают в стандартах предприятий (объединений) положения, необходимые для деятельности входящих в объединение производственных организаций и предприятий.

На поставляемую (сдаваемую заказчику) продукцию стандарты предприятия не разрабатывают. Требования к этой продукции при отсутствии государственных стандартов должны устанавливаться в технических условиях (ТУ) в составе технической документации.

Наряду с нормативными документами Системы в строительстве применяют:

- государственные стандарты и другие документы по стандартизации, метрологии и сертификации Госстандарта России;
- нормы, правила и нормативы органов государственного надзора;
- стандарты отраслей, нормы технологического проектирования и другие нормативные документы, принимаемые отраслевыми министерствами, государственными комитетами и комитетами в соответствии с их компетенцией.

Нормативные документы отраслевых министерств, государственных комитетов и комитетов органов государственного надзора не должны содержать положений, относящихся к компетенции Минстроя России и территориальных органов управления строительством.

Минстрой России в установленном порядке дает заключения по направляемым ему федеральными органами исполнительной власти и органами государственного надзора нормативным документам, затрагивающим вопросы проектирования и строительства, в части соответствия этих документов обязательным требованиям строительных норм и государственных стандартов.

Разрабатываемые и утверждаемые министерствами нормы технологического проектирования представляют на заключение в Главгосэкспертизу при Минстрое России.

За правонарушения в области строительства Российским законодательством предусмотрена административная ответственность, что отражено в законе ФЗ № 4121-1 от 17 января 1992 г. "Об административной ответственности предприятий, учреждений, организаций и объединений за правонарушения в области строительства".

Под правонарушением в области строительства понимается несоблюдение обязательных требований государственных стандартов, технических условий, строительных норм и правил, проектов, других нормативных актов в области строительства и промышленности строительных материалов, влекущее снижение и потерю прочности, устойчивости, надежности зданий, строений, сооружений, их частей или отдельных конструктивных элементов, прочностных параметров производимых строительных материалов, конструкций и изделий, а также действие, нарушающее установленный организационно-правовой порядок строительства объектов и приемки их в эксплуатацию.

7.2. Требования нормативных документов к строительным материалам

Перечень показателей пожарной опасности декоративно-отделочных и облицовочных строительных материалов, покрытий полов, кровельных, гидро- и теплоизоляционных материалов, которые необходимо определять при испытаниях, в том числе сертификационных, для выявления области применения материала в строительстве, устанавливается Нормами пожарной безопасности (НПБ) 244–97 “Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные материалы. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной безопасности” (см. табл. 3.1).

Примечание. НПБ 244–97 не распространяются на лакокрасочные покрытия.

Горючесть и группы горючести устанавливаются по ГОСТ 30244, группы распространения пламени для поверхностных слоев кровли и полов, в том числе ковровых покрытий, — по ГОСТ Р 51032, группы воспламеняемости — по ГОСТ 30402.

Группы дымообразующей способности устанавливаются по значению коэффициента дымообразования, а классы опасности (группы) токсической опасности продуктов горения — по значению показателя токсичности продуктов горения в соответствии с ГОСТ 12.1.044.

Основным нормативным документом, регламентирующим применение СМ с различными пожарно-техническими характеристиками в зданиях и сооружениях различного назначения, являются в настоящее время СНиП 21-01–97* “Пожарная безопасность зданий и сооружений”, разработанные взамен СНиП 2.01.02–85* “Противопожарные нормы” и введенные в действие с 1 января 1998 г. постановлением Минстроя России от 13.02.97 г. № 18-7. При этом согласно вышеуказанному постановлению Минстроя России устанавливается, что те положения СНиП 2.01.02–85*, на которых основаны требования строительных норм и правил по проектированию зданий и сооружений различного назначения и инженерных систем, продолжают действовать до пересмотра строительных норм на эти здания и сооружения.

В СНиП 21-01–97* впервые осуществлен комплексный подход к нормированию применения СМ на участках зданий различной степени огнестойкости и классов конструктивной опасности. Несомненно, такой способ комплексной оценки пожарной опасности СМ является более перспективным, чем использовавшийся в ранее действующих СНиП 2.01.02–85*, где, по сути, вся пожарная

опасность СМ оценивалась на основе одной пожарно-технической характеристики — горючести.

В общем виде пожарную опасность СМ (Φ_{ijklm}), основанную на действующей в настоящее время системе комплексной оценки, можно представить в виде функции, зависящей от совокупности пожарно-технических характеристик:

$$\Phi_{ijklm} = f(\Gamma_i, \text{РП}_j, \text{В}_k, \text{T}_l, \text{D}_m). \quad (7.1)$$

Очевидно, что максимальная пожарная опасность СМ в принятой классификации будет определяться значением функции:

$$\max(\Phi_{ijklm}) = \Phi_{44343} = f(\Gamma_4, \text{РП}_4, \text{В}_3, \text{T}_4, \text{D}_3), \quad (7.2)$$

а минимальная — значением

$$\min(\Phi_{ijklm}) = \Phi_{11111} = f(\Gamma_1, \text{РП}_1, \text{В}_1, \text{T}_1, \text{D}_1). \quad (7.3)$$

Комплексная оценка пожарной опасности СМ, основанная на анализе совокупности пожарно-технических показателей, характеризующих различные аспекты проявления опасных факторов пожара, является наиболее полной и всесторонней, так как очевидно, что чем больше для материала в условиях лабораторных испытаний определено различных пожарно-технических характеристик, тем более обосновано возможно спрогнозировать его поведение в условиях реального пожара.

Согласно современным представлениям о характере возникновения и развития пожара наиболее оптимальной считается комплексная оценка пожарной опасности СМ, в которую входят показатели, характеризующие вероятность загорания, предельные условия горения, скорость распространения пламени, дымообразование и токсичность продуктов горения.

Так, п. 6.25* СНиП 21-01-97* устанавливает, что в зданиях всех степеней огнестойкости и классов конструктивной пожарной опасности, кроме зданий V степени огнестойкости и класса СЗ, на путях эвакуации не допускается применять строительные материалы с более высокой пожарной опасностью, чем:

- Г1, В1, Д2, Т2 — для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах;
- Г2, В2, Д3, Т3 или Г2, В3, Д2, Т2 — для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в общих коридорах, холлах и фойе;
- Г2, РП2, Д2, Т2 — для покрытий пола в вестибюлях, лестничных клетках, лифтовых холлах;
- В2, РП2, Д3, Т2 — для покрытий пола в общих коридорах, холлах и фойе.

В помещениях класса Ф5 категорий А, Б и В1, в которых производятся, применяются или хранятся легковоспламеняющиеся жидкости, полы следует выполнять из негорючих (НГ) материалов или материалов группы горючести Г1.

Каркасы подвесных потолков в помещениях и на путях эвакуации следует выполнять из негорючих (НГ) материалов.

7.3. Сертификация строительных материалов по пожарной опасности

Как было отмечено в разделе 7.2, НПБ 244–97 дают номенклатуру показателей пожарной опасности различных типов строительных материалов, которые необходимо определять при испытаниях, в том числе и при сертификационных.

В то же время требование к проведению сертификационных испытаний обязательно не для всех СМ, а только для конкретных видов, перечень которых устанавливается постановлением Правительства Российской Федерации.

ПЕРЕЧЕНЬ

строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации

№	Наименование продукции	Код ОКП	Код ТН ВЭД	НД, по которой производится сертификация	
				на продукцию	на методы испытаний
1	Материалы отделочные и облицовочные:			НПБ 244–97	ГОСТ 30244–94, ГОСТ 30402–96, ГОСТ 12.1.044–89, п.п.4.18, 4.20
	материалы листовые (листы, плиты, пластины, блоки из термопластов)	224600	3918, 3919 90, 3920 (кроме, 3920 71, 3920 72, 3920 73, 3920 79), 3921 (кроме, 3921 14)		
	плиты из поливинилхлорида	224932	То же		

Продолжение Перечня

№	Наименование продукции	Код ОКП	Код ТН ВЭД	НД, по которой производится сертификация	
				на продукцию	на методы испытаний
	блоки из поливинилхлорида	224933	То же		
	материалы пленочные прочие	225590	То же		
	материалы листовые и слоистые (кроме стеклопластиков и электроизоляционных материалов)	225600, (кроме, 225612, 225613, 225622, 225631, 225693)	То же		
	материалы отделочные для стен, обои из текстильных материалов	577220 (из 577000, 546200)	3918, 3919 90, 3920 (кроме, 3920 71, 3920 72, 3920 73, 3920 79), 3921 (кроме, 3921 14), 3925 90, 5903, 5905 00 6811 20 6811 90 000		
	изделия профильно-погонажные из полимерных материалов, включая кабельные короба и каналы	577210 из 359900	Из 3916 3925 20 000 3925 90 200 8547 20 000 Из 3917 3925 20 000 3925 90 200 8547 20 000	НПБ 244-97 НПБ 246-97	НПБ 244-97 НПБ 246-97

Продолжение Перечня

№	Наименование продукции	Код ОКП	Код ТН ВЭД	НД, по которой производится сертификация	
				на продукцию	на методы испытаний
	трубы из пластмасс для электрических цепей	224800	Из 3916 3925 20 000 3925 90 200 8547 20 000 Из 3917 3925 20 000 3925 90 200 8547 20 000	НПБ 246-97	НПБ 246-97
2	Материалы тепло- и звукоизоляционные			НПБ 244-97	ГОСТ 30244-94 ГОСТ 30402-96 ГОСТ 12.1.044-89 п.4.18
	изделия минераловатные на синтетическом связующем	576202	6806		
	плиты минераловатные	576203	то же		
	плиты минераловатные теплоизоляционные	576220	—"		
	плиты минераловатные акустические	576250	—"		
	плиты минераловатные повышенной жесткости	576260	—"		
	плиты минераловатные вертикально-слоистые	576270	—"		
	изделия минераловатные тепло- и звукоизоляционные прочие	576290	6808 00 000		
	утеплитель минераловатный	576294	—"		
	конструкции теплоизоляционные минераловатные	576297	—"		
	плиты гипсокартонные звукопоглощающие	576773	из 6809		

Продолжение Перечня

№	Наименование продукции	Код ОКП	Код ТН ВЭД	НД, по которой производится сертификация	
				на продукцию	на методы испытаний
	плиты из базальтового волокна тепло- и звукоизоляционные	576920	из 6815		
3.	Покрытия пола:			НПБ 244-97	ГОСТ 30244-94 ГОСТ Р 51032-97 ГОСТ 30402-96 ГОСТ 12.1.044-89 п.п.4.18, 4.20
	покрытия пластмассовые и резиновые для пола, в том числе композиции из эпоксидных и полиуретановых смол (наливные полы)	225720 225763 254330 254340 254420 254460 577240	из 3214 3918 3919 90, 3920 (кроме 3920 71, 3920 72, 3920 73, 3920 79), 3921 (кроме 3921 14, из 4008 11 000, 4008 19 000 4008 21 100, 4008 21 900, 4016 91 000		
	линолеум (рулоны и плитки)	577100 (кроме 577158)	5904		
	плитки для полов полимерные	577230	3918, 3919 90, 3920 (кроме 3920 71, 3920 72, 3920 73, 3920 79), 3921 (кроме 3921 14), 392590		

Продолжение Перечня

№	Наименование продукции	Код ОКП	Код ТН ВЭД	НД, по которой производится сертификация	
				на продукцию	на методы испытаний
4	Кровельные и гидроизоляционные материалы			НПБ 244-97	ГОСТ 30244-94 ГОСТ Р 51032-97 ГОСТ 30402-96
	материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные (материалы мягкие кровельные и изоляционные)	577400 (кроме 577401, 577402, 577404, 577410, 577423)	3919 90, 3920 (кроме 3920 71, 3920 72, 3920 73, 3920 79), 3921 (кроме 3921 14), 6807		
	материалы листовые, включая листы битумные, резинобитумные и резинокотекстильные	577930, 577931	из 4008 11 000, 4008 19 000, 4008 21 100, 4008 21 900, 4017 00 110		
5.	Ковровые покрытия			НПБ 244-97 СНиП 2.08.02-89 п.1.60	ГОСТ Р 51032-97 ГОСТ Р 30402-96 ГОСТ 12.1.044-89 п.п.4.18, 4.20
	ковры и изделия ковровые для полов, дорожки напольные	817100 (кроме 817119, 817160)	5702, 5703, 5705 00		

Примечания:

1. Перечень строительных материалов, подлежащих обязательной сертификации в области пожарной безопасности в Российской Федерации, представлен в виде таблицы, в которой:

графа №2 — название (описание) продукции, подлежащей обязательной сертификации в области пожарной безопасности;

графа №3 — коды позиций ОКП, в которые указанная продукция входит согласно "Общероссийскому классификатору продукции";

графа №4 — коды позиций ТН ВЭД, в которые указанная продукция входит согласно Товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности содружества независимых государств (ТН ВЭД СНГ);

графа №5 — наименование нормативной документации на продукцию с описанием характеристик, подтверждаемых при сертификации;

графа №6 — нормативная документация на методы испытаний для определения характеристик.

2. Сертификация строительных материалов может проводиться без подтверждения стандартными испытаниями в случае, если организация-производитель заявила в нормативной и технической документации на сертифицируемую продукцию предельные значения всех показателей ее пожарной опасности (Г4, РП4, В3, Д3, Т4).

3. Внесение той или иной продукции в перечень обязательной сертификации на пожарную опасность производится на основе статистических данных о пожарах и в обязательном порядке согласуется с Государственной противопожарной службой МЧС России и периодически пересматривается.

Сертификация продукции и услуг в области пожарной безопасности проводится с целью подтверждения соответствия продукции и услуг требованиям пожарной безопасности и осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

Сертификация продукции и услуг в Системе проводится на соответствие требованиям в области пожарной безопасности, установленным в нормативных документах, утвержденных ГУГПС МЧС России, и ГОСТах, посредством выдачи *Сертификата пожарной безопасности*.

Сертификат пожарной безопасности является обязательной составной частью сертификата соответствия для продукции и услуг, подлежащей обязательной сертификации на соответствие требованиям пожарной безопасности.

Сертификат пожарной безопасности является составной частью основания для разрешения реализации (ввоза) продукции, указанной в Перечне и включенной в Номенклатуру продукции и услуг, подлежащих обязательной сертификации, на территории Российской Федерации.

Сертификат пожарной безопасности выдается на продукцию, включенную в перечень, а также при постановке продукции на производство или при оформлении контрактов на закупку продукции за рубежом, если указанная продукция относится к средствам обеспечения пожарной безопасности или является пожароопасной.

Организационную структуру участников Системы сертификации в области пожарной безопасности образуют: Главное управление Государственной противопожарной службы — центральный орган по сертификации в области пожарной безопасности, органы по сертификации, аккредитованные в области пожарной безопасности, испытательные лаборатории (центры).

... ..

ПРИЛОЖЕНИЯ

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Плиты цементно-стружечные	ГОСТ 26816-86	Г1	В1	Д1	Т1
Панель ламинированная на основе древесно-волоконистых плит	ТУ 5367-002-50012764-2001	–	В2	–	–
Плита фанерная трудногорючая атмосферостойкая	ТУ 5518-002-00273235-96	Г1	–	–	–
Плита фанерная трудногорючая атмосферостойкая неошкуренная, неошлифованная (Но, Нш) толщиной 4,0 мм	ТУ 5518-002-00273235-96	Г1	–	–	–
Плита фанерная трудногорючая атмосферостойкая неошкуренная, неошлифованная (Но, Нш) толщиной 6,5 мм	ТУ 5518-002-00273235-96	Г1	–	–	–
Плита фанерная трудногорючая атмосферостойкая	ТУ 5518-002-00273235-96	Г1	–	–	–
Плита фанерная трудногорючая атмосферостойкая	ТУ 5518-002-00273235-96	Г1	В1	Д2	Т3
Плита древесно-стружечная с ламинированным покрытием	–	Г3	–	–	–
Стеновая панель из ДВП с декоративным пленочным покрытием	–	Г4	–	–	–

Продолжение приложения 1

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Панели из натуральной пробки, покрытые огнезащитным лаком "ЩИТ-1", АОЗТ "АЛИВА"	ТУ 2311-001-23081751	Г4	—	—	—
Панель на основе древесно-волоконистых плит ламинированная декоративной бумагой плотностью 60 г/м ²	ТУ 5367-002-50012764-2001	Г4	В2	Д3	Т3
Панель на основе древесно-волоконистых плит ламинированная декоративной бумагой плотностью 120 г/м ²	ТУ 5367-002-50012764-2001	Г4	В2	Д3	Т3
Фанера бакелизированная	ГОСТ 11539-83	Г4	В3	Д3	
Плиты волокнистые марки ВП-10	ТУ 5459-001-00287906-98	Г4	В3	Д3	Т3

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ОТДЕЛОЧНЫХ И ОБЛИЦОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материалы для отделки стен

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
<i>Обои и пленочные покрытия</i>					
Обои стеновые из стекловолокна	—	Г1	—	—	—
Стеклообои	Код ТН ВЭД 701959	Г1 (на негорючей основе, клеящий состав — клей обойный “Kleo” (Франция), средний расход — 220 г/м ²)	В1 (на негорючей основе, клеящий состав — клей обойный “Kleo” (Франция), средний расход — 220 г/м ²)	Д2	Т1
Пленка поливинилхлоридная декоративная отделочная ПДО-20	ТУ 5772-046-04001232-99	Г1	—	—	—
Покрытие “Тепло-Авангард” для отделки и теплоизоляции стен зданий в составе: клей Авангард-К, плита теплоизоляционная Rockwool, грунтовка Авангард-Г	ТУ 5772-003-44210431-98	Г1	В2	Д1	Т1

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Пленка поливинилхлоридная матовая (WF-SE)	Имп.	Г2	В2	Д3	Т2
Пленка поливинилхлоридная матовая (WFL-M1)	Имп.	Г2	В2	Д3	Т2
Покрытие тонкослойное термокерамическое "Термо-Шилд"	Код ТН ВЭД 3209 10 000	Г2 (на негорючем основании, средний расход покрытия — 715 г/м ²)			
Обои текстильные, коллекция Variation, дизайн MIRAGE	Имп.	Г4	В2	Д3	—
Обои текстильные, коллекция Variation, дизайн MERAPI	Имп.	Г4	В2	Д3	Т3
<i>Панели стеновые и потолочные</i>					
Изделия профильно-погонажные из поливинилхлорида, элементы внутренней облицовки	ГОСТ 19111-77	Г1	В2	Д3	
Стеновые панели ПВХ	ТУ 2249-001-51509121-2002	Г1	В2	Д2	

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Профиль отделочный 0915 из гранулированной поливинилхлоридной непластифицированной композиции "Компрат" (панель стеновая)	ТУ 5772-001-49117989-99	Г1	В2	Д3	
Стеновые пластиковые панели "LIVING PAN" Ю. Корея	Имп.	Г1			
Стеклопластик на основе полиэфирной смолы "Norpol 840-850"	-	Г1	-	Д3	Т3
Панель отделочная из стекловолокна для стен и потолка марки Master E	-	Г1	В2	Д1	Т1
Слоистые панели "Технологии Алюкобонд", тип Alucobond A2	Имп.	Г1	В1	Д1	Т1
Слоистые панели "Технологии Алюкобонд", тип Alucobond Plus	Имп.	Г1	В1	Д1	Т2
Полистиролбетон	ГОСТ Р 51263-99	Г1	В1	Д2	-
Панели стеновые из полимерного композиционного материала	ТУ 14-107-184-96	Г1	В2	Д2	Т1
Облицовочная панель типа ISORA марки SF-53	Имп.	Г1	В1	Д3	Т2
Лист гипсоволокнистый ГВЛ	ТУ 5742-004-03515377-97	Г1	В1	-	-

Продолжение приложения 2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Лист гипсоволокнистый ГВЛВ	ТУ 5742-004-03515377-97	Г1	В1	–	–
Гипсокартонный лист марки GN 13	Имп.	Г1	–	–	–
Гипсокартонный лист марки GTS 9	Имп.	Г1	–	Д1	–
Лист гипсокартонный с повышенной сопротивляемостью воздействию открытого пламени ГКЛО	ТУ У В.2.7-24577862.001-98	Г1	В2	Д1	Т1
Материал поливинилхлоридный со вспененным слоем для стен и потолков на бумажной подоснове — полистен	ТУ 5772-029-00282323-2000	Г2	В2	Д3	Т2
Панель стеновая погонная профильная поливинилхлоридная (тип 2)	ТУ 5772-001-54202088-2000	Г2	В2	Д3	Т2
Панель стеновая погонная профильная поливинилхлоридная, арт. 7719 (тип 2)	ТУ 5772-001-54202088-2000	Г2	–	–	–
Панель стеновая погонная профильная поливинилхлоридная	ГОСТ 19111-77	Г2	В2	Д3	Т2
Изделия профильные поливинилхлоридные облицовочные	ТУ 5772-215-00203312-2002	Г2	В2	Д3	Т2
Панель потолочно-стеновая из минерального волокна	–	Г2	В2	Д1 ($D_m=22,6 \text{ м}^2/\text{кг}$)	–

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Стеновое покрытие с теплоизоляцией из пенополиуретана	ТУ 5768-003-44317998	Г2	В2	–	–
Панель стеновая облагороженная на основе гипсокартона "ВИПРОК"	ТУ 5742-001-50042084-99	Г2	В2	Д1	Т1
Материал отделочный для стен из ПВХ — "Сайдинг"	Код ТН ВЭД 3925 90 800	Г3	В2	Д3	Т2
Пластиковые ламинированные стеновые панели	–	Г3	В3	Д3	Т2
Панель стеновая пластиковая ламинированная (толщина соединительных перегородок — 0,6 мм)	Имп.	Г4	В3	Д3	Т2
Плита полимерно-бумажная	ТУ 8189-020-01877509-01	Г4	В3	Д3	Т2
Слоистые панели "Технологии Алюкобонд", тип Alucobond	Имп.	Г4	В1	Д2	Т2
Декоративные потолочные плиты из пенополистирола	ТУ 5772-001-43974250-98	Г4	В1 (на негорючем основании, клеящий состав — клей "Стиропор", средний расход клея — 230 г/м ²)	Д3	Т3

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Поликарбонатные структурированные листы Lexan Thermoclar	Имп.	Г4	В2	–	–
Панель стеновая из ПВХ для внутренней и наружной отделки помещений (ширина 150 мм)	ГОСТ 19111-77	–	В2	–	Т2
Отделочный и конструкционный высокопрочный пластик из ПВХ "Ordex" (марка Flast Sheets)	Имп.	–	В2	Д3	Т2
Отделочный и конструкционный высокопрочный пластик из поликарбоната "Ordex" (марка Sparlux)	Имп.	–	В2	Д3	Т2
Стеновая панель из ПВХ для внутренней и наружной отделки	ГОСТ 19111-77	–	В2	Д3	Т2
Поликарбонат марки LEXAN ML	Имп.	–	–	Д2	Т1
Гипсокартонный лист Гипрок марки GF-15	Имп.	–	В2	–	–
Гипсокартонный лист Гипрок марки GN-15	Имп.	–	В2	Д2	Т1

Материалы для отделки потолков

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Плита потолочная минерально-волоконистая группы AURATONE: Ladoga	Спецификация	Г1	–	–	–
Плиты подвесного потолка “Армстронг”	Код ТН ВЭД 6806 00 000	Г1	В1	Д1	Т1
Гипсокартонная плита для подвесных потолков системы Danogips; тип Kontur 600	Имп.	Г1	В1	Д1	Т1
Гипсокартонная плита для подвесных потолков системы Danogips; тип Dano Tiles (R)	Имп.	Г1	В1	Д1	Т1
Плита потолочная минерально-волоконистая марки Novatone Fissured	Имп.	Г1	В1	Д1	Т1
Гипсокартонная плита для подвесных потолков системы Danogips; тип Markant 600 (R)	Имп.	Г1	В2	Д1	Т1
Плита потолочная минерально-волоконистая марки Sanatone JF	Имп.	Г1	В2	Д1	Т1
Плита потолочная минерально-волоконистая марки Auratone Fissured	Имп.	Г1	В2	Д1	Т1
Поливинилхлоридная пленка (лаковая, сатиново-матовая, замшевая) натяжных потолков “BARRISOL”	Имп.	Г2	В3	Д3	Т2

Продолжение приложения 2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Материал из ПВХ для натяжных потолков "Barrisol"	Имп.	Г2	В3	Д3	Т2
Плита потолочная минераловатная "Celotex" группы "Hytone" марки ALASKA 297 M	–	Г4	В2	Д1	Т2
Плита потолочная минераловатная "Celotex" группы "Hytone" марки High Humidity FINE FISSURED 197 M	–	Г4	В2	Д1	Т2
Потолочная теплозвукоизоляционная плита	ТУ 5772-001-43982982-2000	Г4	В2	Д3	–
Звукопоглощающая потолочная панель марки AKUSTO-CLASSIC	Имп.	–	В1	Д1	Т1
Плита потолочная минерально-волоконистая группы NOVATONE: OLYMPIA II MICRO	Спецификация	–	В1	–	–
Звукопоглощающая потолочная панель марки Akusto-Classic	Имп.	–	В1	Д1	Т1

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Плиты потолочные пенополистирольные ПСБ-С-35 декоративные	ТУ 2244-001-82994527-2003	—	В1 (на негорючем основании, клеящий состав — мастика для клеевых потолков по ТУ 5772-018-26289127-98, средний расход — 230 г/м ²)	—	—
Звукопоглощающая потолочная панель марки AKUSTO-MELODY	Имп.	—	В2	Д1	Т1
Звукопоглощающая потолочная панель марки AKUSTO-TWIST	Имп.	—	В2	Д1	Т1
Звукопоглощающая потолочная панель Akusto-Melody	Имп.	—	В2	Д1	Т1
Звукопоглощающая потолочная панель марки Akusto-Twist	Имп.	—	В2	Д1	Т1
Изделие погонажное профильное поливинилхлоридное "Рейка потолочная"	ГОСТ 19111-77	—	В2	—	—

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

Линолеумы

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум марки GRABOFLEX BALETTPADLO	Технические условия на продукт GPMF: 259/4	Г1	В2	РП1	Д3	Т3
Прессованная плитка из кварцвинила Нови	Имп.	Г2	В3	РП1	Д2	Т1
Линолеум поливинилхлоридно-поливинилацетатный многослойный без подосновы, тип МП	ТУ 6-01-1346-87 (с изм. 1-7)	Г3	В2	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридно-поливинилацетатный многослойный без подосновы тип МП	ТУ 6-01-1346-87 (с изм. 1-7)	Г3	В2	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на тепловзвукоизолирующей подоснове	ГОСТ 18108-80	Г3	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный многослойный без подосновы, тип МП	ТУ 5770-093-00284718-94 с изм. 1,2	Г4	В2	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на тканой подоснове "УЮТ", тип 2	ТУ 5771-028-00282323-01	Г4	В2	РП1	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум поливинилхлоридный типа МП	ТУ 5770-093-00284718-94	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный типа МПн	ТУ 5771-007-04904388-95	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Линолеум марки GRABOFLEX 251/Т	Технические условия на продукт GPMF: 260/5	Г4	В3	РП1	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX 256/Т	Технические условия на продукт GPMF: 269/4	Г4	В3	РП1	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX STOP/JSK	Технические условия на продукт GPMF: 326/5	Г4	В3	РП1	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 13/S	Технические условия на продукт GPMF: 353/7	Г4	В3	РП1	Д3	Т3
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове	ГОСТ 7215-77	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный без подосновы	ТУ 5771-003-05024784-2000	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подоснове "Дублин-3"	ТУ 5771-145-00203312-96	Г4	В3	РП1	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум ПВХ типа МП	ТУ 5770-093-00284718-94	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный для автотранспортных средств — линавто, тип Т	ТУ 5771-031-00282323-01	Г4	В2	РП2	Д3	Т2
Линолеум марки GRABOFLEX GALAXY	Технические условия на продукт GPMF: 621/1	Г4	В3	РП2	Д3	Т2
Линолеум марки GRABOFLEX 030/I	Технические условия на продукт GPMF: 425/3	Г4	В3	РП2	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 01	Технические условия на продукт GPMF: 401/7	Г4	В3	РП2	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 01/ECO	Технические условия на продукт GPMF: 574/2	Г4	В3	РП2	Д3	Т2
Линолеум марки GRABOFLEX EXTRA	Технические условия на продукт GPMF: 263/6	Г4	В3	РП2	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX GALAXY	Технические условия на продукт GPMF: 621/1	Г4	В3	РП2	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум марки GRABOFLEX 030/I	Технические условия на продукт GPMF: 425/3	Г4	В3	РП2	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 01	Технические условия на продукт GPMF: 401/7	Г4	В3	РП2	Д3	Т3
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 01/ECO	Технические условия на продукт GPMF: 574/2	Г4	В3	РП2	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный многослойный без подосновы	ТУ 5771-181-00203312-97	Г4	В3	РП2	Д2	Т2
Линолеум поливинилхлоридный дублированный пенополиэтиленом марки ППЭР-3004, вариант исполнения У	ТУ 5771-126-05790484-99	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный многослойный на текстильных подосновах, тип М, вид НХ, вариант исполнения У	ТУ 5771-009-05790484-96-99 с изм. 1	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове ПРП-С	ТУ 5771-044-05761643-94	Г4	В3	РП3	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум поливинилхлоридный на нетканой подоснове "ИДЕАЛ", тип 2	ТУ 5771-028-00282323-01	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум вспененный поливинилхлоридный с печатным рисунком, тип ЛТЗС	ТУ 5771-067-04001232-2001	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум марки GRABOFLEX TERRANA 16/S	Технические условия на продукт GPMF: 266/7	Г4	В3	РП3	Д3	Т3
Линолеум поливинилхлоридный дублированный на теплозвукоизолирующей подоснове	ТУ 5771-163-00203312-95	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове "Дублин-2"	ТУ 5771-133-00203312-96	Г4	В3	РП3	Д2	Т2
Линолеум ПВХ на теплозвукоизолирующей подоснове ПРП-С	ТУ 5771-044-05761643-94	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум ПВХ, дублированный пенополиэтиленом марки ППЭР-3004 (вариант исполнения У)	ТУ 5771-126-05790484-99	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Линолеум ПВХ многослойный на текстильной подоснове (тип М, вид НХ, вариант исполнения У)	ТУ 5771-009-05790484-96-99	Г4	В3	РП3	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум поливинилхлоридный на нетканой подоснове марки А	ТУ 6-13-050-18335-49-93	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на нетканой утолщенной подоснове "Линдор"	ТУ 5771-001-00287869-97	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове ПРП	ГОСТ 18108-80 с изм.1	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный на теплозвукоизолирующей подоснове, тип ПРП-Л	ТУ 5771-001-52468445-2000	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум ПВХ на нетканой основе марки А	ТУ 6-13-050-18335-49-93	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум ПВХ на нетканой утолщенной подоснове "Линдор"	ТУ 5771-001-00287869-97	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум ПВХ на теплозвукоизолирующей подоснове ПРП	ГОСТ 18108-80	Г4	В3	РП4	Д3	Т2
Линолеум поливинилхлоридный без подосновы	ТУ 5771-067-00204300-96	Г4	В3	—	Д3 ($D_m = 541 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{CL50} = 48,2 \pm 1,3 \text{ г/м}^3$)

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Линолеум поливинилхлоридный на утепляющей подоснове	ТУ 5771-0547-00204300-96	Г4	В3	—	Д3 ($D_m = 762 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{CL50} = 54,5 \pm 3,3 \text{ г/м}^3$)
Линолеум "FORUM Step 8711", Франция	Имп.	Г4	—	—	—	—
Линолеум поливинилхлоридный типа ЭКП на теплоизолирующей подоснове видов Д и Х, ЗАО "Стройполимер"	ГОСТ 18108-80	Г4	—	—	—	—
Линолеум ПВХ типа МПн	ТУ 5771-007-04904388-95	Г4	В3	—	Д3	—
Линолеум натуральный "Marmoleum"	Имп.	—	В2	—	—	—

Ковровые покрытия

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Ковровое покрытие Desso Torso 100 (основа — полиэфирное волокно; ворс — полиамидная нить)	Имп.	—	B2	РП2	Д3	T2
Покрытие ковровое "Cascata" торговой марки Gradus (основа — битумно-полимерная; ворс — петлевой, 100% полиамид; высота ворса — 3,0 мм; общая толщина — 5,5 мм; поверхностная плотность — 4700 г/м ² ; цвет — синий)	Имп.	—	B2	РП2	Д3	T2
Покрытие ковровое "Таное" торговой марки Gradus (основа — битумно-полимерная; ворс — разрезной, 100% полиамид)	Имп.	—	B2	РП2	Д3	T2
Плитка ковровая напольная модульная марки INTERFACE HEUGA (ворс — петлевой)	—	—	B2	РП2	Д3	T2
Ковровое прошивное тафтинговое покрытие (основа — натуральный джут; ворс — петлевой полиамидный)	ТУ 8171-001-4874895-99	—	B2	РП3	Д3	T2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Покрытие ковровое прошивное тафтинговое (основа — натуральный джут; ворс — петлевой, 100% полиамид; дизайн — “Тулон”)	ТУ 8171-001-4874895-99	—	В2	РП3	Д3	Т2
Ковровое покрытие Highline 1100	Имп.	—	В2	РП3	Д3	Т2
Ковровое покрытие Highline 80/20 1400	Имп.	—	В2	РП3	Д3	Т2
Покрытие напольное ковровое прошивное “Тафтинг”	ТУ 8170-002-39920662-97	Г4	В2	РП3	Д3	Т2
Покрытие ковровое прошивное тафтинговое (основа — полипропиленовая ткань АВ; ворс — петлевой, 100% полипропилен; дизайн — “Тулон”)	ТУ 8171-001-4874895-99	—	В2	РП4	Д3	Т2
Ковровое прошивное тафтинговое покрытие (основа — натуральный джут; ворс — петлевой полипропиленовый)	ТУ 8171-001-4874895-99	—	В2	РП4	Д3	Т2
Ковровое покрытие “Pamir”	Имп.	Г4	В2	РП4	Д2	Т2
Покрытие ковровое прошивное тафтинговое (основа — натуральный джут; ворс — петлевой, 100% полипропилен; дизайн — “Астра”)	ТУ 8171-001-4874895-99	—	В2	РП4	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Покрытие ковровое тафтинговое	ТУ 8170-002-39920662-97	—	В2	—	Д3 ($D_m = 615,4 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{Cl_{50}} = 60 \pm 1,2 \text{ г/м}^3$)
Ковровое покрытие "Инвернес 11" фирмы "Джозеф Гамильтон и Сетон Лимитед" с подкладкой "Дьюрэфит", фирмы "Дьюрэлей Лимитед", Великобритания	Имп.	—	—	—	Д2 ($D_m = 448 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т3 ($H_{Cl_{50}} = 40,1 \pm 1,3 \text{ г/м}^3$)
Чистящий ворсовый ковер LA (Luxury Absorbing) фирмы "Mat Map Oy", Финляндия	Имп.	—	—	—	Д2 ($D_m = 499 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{Cl_{50}} = 43,1 \pm 1,0 \text{ г/м}^3$)
Ковровое покрытие фирмы "Fitrless Carpet Corporation", Канада	Имп.	—	—	—	Д2 ($D_m = 369 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{Cl_{50}} = 52,6 \pm 2,0 \text{ г/м}^3$)

Прочие напольные покрытия

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Раствор строительный "НМП-80" для изготовления напольных покрытий	ТУ 5745-014-47935838-2001	НГ	—	—	—	—
Элементы пола ЭП 1500×500×20	ТУ 5742-007-03515377-97 с изм. №1-4	Г1	В1	РП1	Д1	Т1
Покрытие для наливных полов полиуретановое двухслойное на основе грунтовки BETONOL G-174 и покрывного материала BETONOL B-222	Имп.	Г1	В2	РП1	Д2	Т1
Композиция эпоксидная для устройства пола "Бирс-Ргохан" марки "Мультипол"	ТУ 2257-018-05668056-01	Г1	В2	РП1	Д2	Т2
Полотно NAZIL BEST COVER	—	Г1	В2	РП2	—	—
Полотно NAZIL SPORT BIG COVER	—	Г1	В2	РП2	—	—
Покрытие для наливных полов и кровель "Супертек-К"	ТУ 221-001-18474098-2000	Г1	В2	РП2	Д2	Т2
Полотно NAZIL GREEN COVER	—	Г1	В2	РП3	—	—

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Покрытие пола полимерное "ЭПИРЕКС 500" с грунтовочным лаком "ЭПИРЕКС 300"	—	Г2	В2	РП1	Д2	Т2
Напольное покрытие ПВХ серии SURFASE	Имп.	Г3	В2	РП2	Д3	Т2
Покрытие напольное ПВХ гетерогенное серии SURFASE	Имп.	Г3	В3	РП2	Д3	Т2
Покрытие напольное ПВХ гетерогенное серии TARALEY COMFORT UNI	Имп.	Г3	В3	РП2	Д3	Т2
Покрытие напольное спортивное поливинилхлоридное гетерогенное "Taraflex Sport M"	Имп.	Г3	В3	РП2	Д3	Т2
Полутокопроводящее напольное покрытие ЭЛСЕЙФ (Elsafe)	Имп.	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Полутокопроводящее напольное покрытие ELSAPE	Имп.	Г4	В3	РП1	Д3	Т2
Покрытие для пола "Norapean Stone al Farbe 1276"	Имп.	Г4	В2	РП2	Д3	Т2
Напольное покрытие из ПВХ ФИНТРЕД ЭЛСТИК СПОРТ (Fintred Sport)	Имп.	Г4	В3	РП2	Д3	Т2

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности				
		Группа горючести	Воспламеняемость	Группа распространения пламени	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов горения
Напольное поливинилхлоридное покрытие Novilux, тип Trafic	–	Г4	В3	РП2	Д3	Т2
Напольное поливинилхлоридное покрытие Novilon, тип Nova	–	Г4	В3	РП2	–	–
Покрытие для пола “Nogapean Mega”	Имп.	Г4	В2	РП3	Д3	Т2
Покрытие напольное ПВХ гетерогенное серии MAPLE DESIGN P	Имп.	Г4	В3	РП3	Д3	Т2
Пластмассовое напольное покрытие ЭСТРАД (Estrad)	Имп.	Г4	В3	РП4	Д2	Т2
Напольное покрытие “ROYAL HOUSE”, Индия	Имп.	–	–	–	Д2 ($D_m = 491 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{CL,50} = 50,8 \pm 0,1 \text{ г/м}^3$)
Напольное покрытие “POLYFLOR XL 2000” фирмы “POLYFLOR”, Великобритания	Имп.	–	–	–	Д2 ($D_m = 342 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т1 ($H_{CL,50} = 194,8 \pm 7,0 \text{ г/м}^3$)
Материал для напольного покрытия из полиамида в виде квадратов фирмы “ESCO D.V.”, Голландия	Имп.	–	–	–	Д2 ($D_m = 376 \text{ м}^2/\text{кг}$)	Т2 ($H_{CL,50} = 52,8 \pm 1,8 \text{ г/м}^3$)

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Композиционный теплоизоляционный материал "Durasteel 3DF2"	–	НГ	–	–
Звукотеплоизоляционный материал "Durasteel 3"	–	НГ	–	–
Теплоизоляционный мат из стеклянного штапельного волокна марки М-17, ОАО "Флайдерер-Чудово"	ТУ 21-38-273-91	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из стеклянного штапельного волокна марки М-25, ОАО "Флайдерер-Чудово"	ТУ 21-38-273-91	НГ	–	–
Теплоизоляционный мат из стеклянного штапельного волокна марки П-22, ОАО "Флайдерер-Чудово"	ТУ 21-38-273-91	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из стеклянного штапельного волокна марки П-32, ОАО "Флайдерер-Чудово"	ТУ 21-38-273-91	НГ	–	–
Изделие из поликарбонатной смеси для теплоизоляции трубопроводов "ГИПС", ЗАО "Питер"	–	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал PALOKONTIOLEVY-3667 фирмы "Gulliber AB", Швеция	Имп.	НГ	–	–
Тепловая изоляция санитарно-технических теплофикационных промышленных трубопроводных линий типа "KARHUKOURU" марки КК "Gullfiber AB", SE-61056, Vrena, Швеция	Имп.	НГ	–	–

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Материал базальтоволокнистый теплоизоляционный марки БВТМ-К	ТУ 95.2691–98	НГ	–	–
Плита перлитогелевая теплоизоляционная	ТУ 5765-003-04002183–00	НГ	–	–
Плита минераловатная повышенной жесткости гофрированной структуры на синтетическом связующем марки ППЖ-ГС-200	ГОСТ 22950-95, ТУ 5762-001-46263986–99	НГ	–	–
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты гофрированной структуры марки ПГ-175	ТУ 5762-002-5765227–93	НГ	–	–
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты на синтетическом связующем марки П-125	ГОСТ 9573–96	НГ	–	–
Плита минераловатная повышенной жесткости гофрированной структуры марки ППЖ-ГС-175	ГОСТ 22950–95	НГ	–	–
Теплозвукоизоляционный материал Suojakontiolevy-8371 (SKOL-8371)	Имп.	НГ	–	–
Плита негорючая термостойкая на основе базальтового волокна “ПНТБ”	ТУ 576940-024-5042022414–96	НГ	–	–
Плита негорючая термостойкая на основе базальтового волокна “ПНТБ-С”	ТУ 576940-024-5042022414–96	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал ZIRLANE	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал KERANAP 60	Имп.	НГ	–	–

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты на синтетическом связующем марки П-75	ГОСТ 9573-96	НГ	–	–
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты на синтетическом связующем марки П-175	ГОСТ 9573-96	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из минеральной ваты марки Termonid	Спецификация	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из минеральной ваты марки Izodach W	Спецификация	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из минеральной ваты марки Izodach P	Спецификация	НГ	–	–
Теплоизоляция FIREMASTER X-607	–	НГ	–	–
Теплоизоляция NOBASIL на основе базальтового волокна NOBASIL JPS	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляция NOBASIL на основе базальтового волокна NOBASIL LFK, кашированная стеклорогожей	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляция NOBASIL на основе базальтового волокна NOBASIL T	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляция NOBASIL на основе базальтового волокна NOBASIL M	Имп.	НГ	–	–
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты "ROOF BATTS"	Имп.	НГ	–	–

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Мат прошивной теплоизоляционный из базальтового холста без обкладки марки МПБ-30	ТУ 5769-001-13062592-2000 с изм. №1, 2	НГ	—	—
Материал базальтовый вязально-прошивной теплоизоляционный фильтрованный рулонный марки МБВП-10	ТУ 5769-004-13062592-2000 с изм. № 1	НГ	—	—
Мат прошивной теплоизоляционный марки МП 125	ТУ 5769-012-0028720-2002	НГ	—	—
Плита теплоизоляционная “Флор Баттс И”	ТУ 5762-012-45757203-02	НГ	—	—
Плита теплоизоляционная “Флор Баттс”	ТУ 5762-012-45757203-02	НГ	—	—
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты “FACADE LAMELLA”	Имп.	НГ	—	—
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты “Венти Баттс Н”	ТУ 5762-003-45757203-99 с изм. № 1	НГ	—	—
Плита из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционная марки П-125	ТУ 5762-003-46263986-99	НГ	—	—
Плита из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционная марки ПГ-175	ТУ 5762-002-46263986-99	НГ	—	—

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна марки М-25	ГОСТ 10499-95	НГ	–	–
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна марки П-30	ГОСТ 10499-95	НГ	–	–
Плита из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционная с гидрофобирующими добавками марки ПСЖ-200	ТУ 5761-007-01395087-2001	НГ	–	–
Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные марки П-225	ГОСТ 9573-96	НГ	–	–
Маты теплоизоляционные из базальтового волокна	ТУ 5762-001-39659620-99	НГ	–	–
Вата из базальтового супертонкого волокна (БСТВ)	ТУ 5761-001-55623981-2003	НГ	–	–
Плиты из базальтового волокна тепло- и звукоизоляционные марки П-125	ТУ 5769-002-55623981-2003	НГ	–	–
Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные марки М-100 тип М1	ГОСТ 21880-94	НГ	–	–
Маты теплоизоляционные из базальтового волокна марки 75, тип М1-М5	ГОСТ 21880-94	НГ	–	–
Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные М1-125	ГОСТ 21880-94	НГ	–	–

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Маты прошивные из минеральной ваты теплоизоляционные марки 100	ГОСТ 21880-94	НГ	–	–
Плита теплоизоляционная энергетическая марки ПТЭ-175	ТУ 5761-001-00126238-00	НГ	–	–
Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные с гидрофобизирующими добавками марки ПМ-50	ТУ 5761-007-01395087-01	НГ	–	–
Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные с гидрофобизирующими добавками марки ПП-60	ТУ 5761-007-01395087-01	НГ	–	–
Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные с гидрофобизирующими добавками марки ПЖ-100	ТУ 5761-007-01395087-01	НГ	–	–
Плиты из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные с гидрофобизирующими добавками марки ПСЖ-150	ТУ 5761-007-01395087-01	НГ	–	–
Маты непрошивные из минеральной ваты на синтетическом связующем теплоизоляционные с гидрофобизирующими добавками марки М-35	ТУ 5761-007-01395087-01	НГ	–	–
Вермикулит вспученный	ГОСТ 12865-67	НГ	–	–
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна марки М-20	ГОСТ 10499-95	НГ	–	–

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Плита теплоизоляционная из минеральной ваты на синтетическом связующем марки ПТЭ-175	ГОСТ 9573-96	НГ	—	—
Маты прошивные теплоизоляционные из минеральной ваты марки МТЭ-100	ТУ 5761-001-00126238-96	НГ	—	—
Минераловатный утеплитель — супертонкое базальтовое волокно	ТУ 21-1115-002-92	НГ	—	—
Материал теплоизоляционный “Тимлак II”	ТУ 25.471-54-96	НГ	—	—
Изделие прошивное из штапельного волокна марки ТИБ-6К	ТУ 21-23-299-89	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна марки П-30 фирмы URSA, ОАО “Флайдерер-Чудово”	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки KKL 2225	Имп.	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-30	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-30/г	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-45	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	—	—
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки RS1	Паспорт	НГ	—	—

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки М-11	Паспорт	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марка П-17	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-20	ТУ 5763-002-00287697-97	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOTEC марки КК	Спецификация	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOTEC марки KOL-3661	Спецификация	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки "Dachoterm S"	–	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки "Stropoterm"	–	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки KARHUPERKKOMATTO-1	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки KARHUPERKKOMATTO (KVM-50-50)	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки "KT-11"	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки RIO Alu (материал без покрытия)	Спецификация	НГ	–	–

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Dachoterm G	Спецификация	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Fasoterm PF	Спецификация	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки 80 VM	Паспорт	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-A-50	Спецификация	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-A-100	Спецификация	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки KL-A	Спецификация	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки KT-11-TWIN-50	-	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки 565-KL-E	-	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки SKL	-	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки 80 VM	Имп.	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки 140 E	Имп.	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки CEL 50	Имп.	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки CES 50	Имп.	НГ	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки E 1745	Имп.	НГ	-	-

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки EKL	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки EL	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ELS (без покрытия)	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки HT-900	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки KKL-EX	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки KKL-2225	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки PDP	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки RAL 3	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки RAL 4 (FAS-4)	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки RAL 5-405	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки SKL	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки SLAB 250	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки TL	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки TL (COS 15)	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки VIL	Имп.	НГ	–	–

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки WPS 3nj (IRL)	Имп.	НГ	–	–
Теплоизоляционный материал “Пенорезол”	ТУ 2254-104-04614443–97	Г1	В2	Д3
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна марки П-75	ГОСТ 10499–95	Г1	–	–
Теплоизоляционные плиты на основе ксилолита группы Н135 марки К-600, СП “ДАКСПол”	ТУ 5768-001-13173481–96	Г1	–	–
Звукотеплоизоляционный материал пенополистиролцемент	–	Г1	–	–
Тепловая изоляция санитарно-технических теплофикационных, промышленных трубопроводных линий типа “KARHUKOURU” марки КК-AL, “Gulfiber AB”, SE-61056, Vrena, Швеция	Имп.	Г1	–	–
Плита минераловатная марки ППЖ–ГС 175 повышенной жесткости на синтетическом связующем	ГОСТ 22950–95	Г1	В1	Д1
Тепло- и звукоизоляционный материал VKL	Спецификация	Г1	–	–
Тепло- и звукоизоляционный материал AKUSTO марки MELODY	Спецификация	Г1	–	–
Покрытие “Тепло-Авангард” для отделки и теплоизоляции стен зданий в составе: клей Авангард-К, плита теплоизоляционная Rockwool, грунтовка Авангард-Г	ТУ 5772-003-44210431–98	Г1	В2	Д1

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Плиты минераловатные повышенной жесткости на синтетическом связующем ППЖ-200-1000.500.60	ГОСТ 22950-95	Г1	В2	Д2
Изделия теплоизоляционные из стеклянного штапельного волокна марки П-60	ГОСТ 10499-95	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-30/Ф	ТУ 5763-002-00287697-97	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-30/с	ТУ 5763-002-00287697-97	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-75	ТУ 5763-002-00287697-97	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки RS1/ALU	Паспорт	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал из стекловолокна фирмы URSA марки П-85	Паспорт	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки RIO Alu	Спецификация	Г1	В1	Д2
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Dachoterm MONO	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Deska Dachowa 3316	Спецификация	Г1	В1	Д1

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Faso Plyta	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Panel Plyta R	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-A-20	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-A-30	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки Ventiterm Plus	Спецификация	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки RKL	Спецификация	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки VKL	Спецификация	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки AKUSTO-MELODY	Имп.	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OT SOLEVY-LA(OL-LA)	Имп.	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки RUNKOKARHULEVY-EJ (RKL-EJ-25)	Имп.	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки KVL-M	-	Г1	-	-
Теплоизоляционный материал фирмы ISOTEC марки KK-AL	Спецификация	Г1	-	-

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Теплоизоляционный материал фирмы ISOTEC марки KOVM-8257	Спецификация	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ASV	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ELS	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки KAT	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки LAM 469	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки LLE	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки TSL-304	Имп.	Г1	В1	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ROYAL EXTRA	Имп.	Г1	В2	Д1
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки 140 AE	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ASL 2	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ELAeu	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки KKL	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки LAM	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ROYAL	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки TAKU	Имп.	Г1	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки TKL	Имп.	Г1	–	–

ПРИЛОЖЕНИЯ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Пенопласт заливочный марки "Пенорезол" для строительных ограждающих конструкций	ТУ 2254-104-04614443-97	Г1	В2	Д2
Пеноизол теплоизоляционный	ТУ 5768-001-55561317-2003	Г1-Г3*	В2	Д2, Д3*
Пенопласт теплоизоляционный "Пеноизол"	ТУ 5768-001-18043501-97	Г1-Г3*	В2, В3*	Д2, Д3*
Пенопласт Виларес-400**	–	Г2	В1	Д1
Пенопласт ФК-75**	–	Г2	В1	Д1
Пенопласт ФРП-1**	–	Г2	В2	Д1
Пенопласт ЛФП**	–	Г2	В2	Д1
Пенопласт Вилас-1П/1**	–	Г2	В2	Д1
Пенопласт Викарт**	–	Г2	В2	Д1
Огнезащитный листовый теплоизоляционный материал марки "Firend" фирмы Fagerdala Industri AB, Швеция	Имп.	Г2	–	–
Фасадная теплоизоляционная панель ПОЛИАЛПАН	Имп.	Г2	В2	Д3
Теплоизоляционный материал марки IVL фирмы PAROC	Имп.	Г2	В2	Д2
Плиты пенополистирольные марки EPSRS фирмы "ISORA Oy", Финляндия	Имп.	Г2	–	–
Плита пенополистирольная марки EPS RS	Имп.	Г2	В2	Д3

Продолжение приложения 4

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Плиты пенополистирольные экструзионные "Экстрапен" с антипиреном	ТУ 2244-018-32286133-99	Г3	В3	Д3
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марка KLC	–	Г3	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки ELUS	Имп.	Г3	В3	Д2
Звукотеплоизоляционный материал "Штейн Бахер"	–	Г4	–	–
Изоляция "Фагердала" для труб, изготовленная из экструдированного полиэтилена с замкнутыми порами, фирмы Fagerdala Industri AB, Швеция	Имп.	Г4	–	–
Теплоизоляционное кровельное покрытие "Tekurat 2 AL"	Имп.	Г4	В1	Д2
Полимерное тепло- и гидроизоляционное покрытие "ТГИ"	ТУ 2254-001-53701046-2000	Г4	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-P	–	Г4	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы ISOVER марки OL-P	–	Г4	–	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки IRL	Имп.	Г4	В2	Д2
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки PSV-604	Имп.	Г4	В3	Д3
Плиты пенополистирольные экструзионные "ПЕНОПЛЕКС" плотностью не более 35 кг/м ³	ТУ 2291-036-00203221-97	Г4	–	–
Плиты пенополистирольные экструзионные "ПЕНОПЛЕКС" плотностью не более 45 кг/м ³	ТУ 2291-036-00203521-97	Г4	В2	Д3

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		группа горючести	группа воспламеняемости	группа дымообразующей способности
Плиты пенополистирольные экструзионные "Экстрапен"	ТУ 2244-018-32286133-99	Г4	В3	Д3
Плиты пенополистирольные ПСБ-С	ГОСТ 15588-86	Г3-Г4***	В1-В3***	Д3
Пенопласт Резонен	–	Г4	В1	Д1
Пенопласт Изолан-07П/1	–	Г4	В1	Д2
Пенопласт Виларес	–	Г4	В2	Д1
Пенопласт Изолан-2	–	Г4	В3	Д3
Пенопласт Изолан-3	–	Г4	В3	Д2
Изолан-5	–	Г4	В3	Д3
Тепло- и звукоизоляционный материал AKUSTO марки TECNO TA	Спецификация	–	В2	–
Теплоизоляционный материал фирмы PAROC марки COS 5gt (ELUS)	Имп.	–	–	Д2

* Результат испытаний зависит от объемной массы пенопласта.

** По группе токсичности продуктов горения данные материалы относятся к чрезвычайно опасным (Т4).

*** Результат испытаний зависит от типа используемого антипирена.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		Группа горючести	Группа воспламеняемости	Группа распространения пламени
Кровельный материал ОКМ	ТУ 5775-002-47935838-99	НГ	–	–
Композиция кровельная полимерная Поликров (Поликров-130, Поликров-М, Поликров-Л)	ТУ 5774-002-11313564-96	Г1	В2	РП1
Материал рулонный кровельный полимерный “Элон-У”	ТУ 38 305-8-324-99	Г1*	В2	РП2
Покрытие стеновое и кровельное с теплоизоляцией из пенополиуретана	ТУ 5768-003 443179-98	Г2	В2	РП1
Материал рулонный кровельный на основе поливинилхлорида “Кровлен” марки А	ТУ 95-25048369-054-93 с изм. №№ 1, 2, 3, 4	Г3	В2	РП1
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплаваемый битумно-полимерный “Унифлекс ЭКП-4,5 сланец серый”	ТУ 5774-001-17925162-99	Г3	В2	РП1
Теплоизоляционное кровельное покрытие “Tekurat 2 AL”	Имп.	Г4	В1	–
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплаваемый “Стекломаст-К”	ТУ 21-5744710-519-92	Г4	В2	РП1
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплаваемый битумно-полимерный Атаклон К	ТУ 5754-545-00284716-96	Г4	В2	РП1

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		Группа горючести	Группа воспламеняемости	Группа распространения пламени
Рулонный кровельный и гидроизоляционный материал Поликорм	ТУ 5774-001-46439362-99	Г4	В3	РП1
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавленный битумно-полимерный Техноэласт К ЭКП-5.0	ТУ 5774-003-00287852-99	Г4	В2	РП2
Кровельный рулонный наплавленный битумно-полимерный материал Изопласт ЭКП-5.0	ТУ 5774-007-05766480-96	Г4	В2	РП2
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавленный Стекломаст-П	ТУ 21-5744710-519-92	Г4	В2	РП2
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавленный битумно-полимерный Атаклон-П	ТУ 5774-545-00284716-96	Г4	В2	РП2
Двухслойный кровельный ковер из материалов рулонных кровельных и гидроизоляционных битумно-полимерных КИНЕпласт и КИНЕпласт П	ТУ 5774-010-05766480-99	Г4	В2	РП2
Наплавленный кровельный материал типа RUBERTORCH APP	Имп.	Г4	В2	РП3
Наплавленный кровельный материал типа RUBERTORCH SBS	Имп.	Г4	В2	РП3
Материал кровельный рулонный битумно-полимерный SOPRALENE FLAM ANTIROCK P	Код ТН ВЭД 6807 10 100	Г4	В2	РП3
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный рубероид РКП-350	ГОСТ 10923-93	Г4	В2	РП3
Кровельный рулонный наплавленный битумно-полимерный материал Изопласт ЭПП-4.0	ТУ 5774-007-05766480-96	Г4	В2	РП3

Продолжение приложения 5

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		Группа горючести	Группа воспламеняемости	Группа распространения пламени
Пергамин кровельный марки П-350	ГОСТ 2697-83	Г4	В2	РП3
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный марки Унифлекс К	ТУ 5774-003-00287852-99	Г4	В2	РП3
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный водостойкий марки Техноэласт К	ТУ 5774-003-00287852-99	Г4	В2	РП4
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный водостойкий на полиэфирной основе Техноэласт марки К	ТУ 5774-003-00287852-99 с изм. № 1	Г4	В2	РП4
Материал рулонный гидроизоляционный наплавляемый полимерно-битумный Атаклонмост-Б	ТУ 5774-002-002287906-99	Г4	В2	РП4
Материал рулонный кровельный наплавляемый Рубемаст	ТУ 21-5744710-505-90	Г4	В2	РП4
Материал кровельный рулонный наплавляемый битумно-полимерный Изопласт ЭПП-4.0	ТУ 5771-005-05766480-95	Г4	В2	РП4
Материал рулонный кровельный наплавляемый рубемаст РНП-400-1.5	ТУ 21-5744710-505-90	Г4	В3	РП3
Кровельное покрытие марки К-PS 170-4000/К-MS 170-3000	Имп.	Г4	В3	РП4
Кровельный материал Bauder типа FLEX K5E/THERM UL 50	Имп.	Г4	В3	РП4
Армированный рулонный полимерный материал Поликров АР-130	ТУ 5774-002-11212564-96	Г4	В2	—

ПРИЛОЖЕНИЕ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности		
		Группа горючести	Группа воспламеняемости	Группа распространения пламени
Кровельное покрытие ARMOR PLUS 20	–	Г4	В3	–
Рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный материал марки Бикропласт ТПП-4.0	ТУ 5774-001-00287852–96	–	В2	–
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный битумно-полимерный КИНЕэласт ЭКП-4.0	ТУ 5774-010-05766480–99	–	В2	–
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный ПЕТРОФЛЕКС марки Стандарт К	ТУ 5774-004-45510767–2002	–	–	РП1
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный Руфлекс (с чешуйчатой посыпкой)	ТУ 5774-002-02106211–2002		В2	
Материал рулонный кровельный и гидроизоляционный наплавляемый битумно-полимерный Руфлекс (без посыпки)	ТУ 5774-002-02106211–2002		В2	
Материал кровельный и гидроизоляционный основной полимерный Прагма-300	ТУ 5774-002-53501127–2001			РП2
Материал кровельный и гидроизоляционный полимерный Прагма-400	ТУ 5774-004-53501127–2001			РП3

* При определении данного пожарно-технического показателя материал испытывался, наклеенным на негорючее основание (асбестоцементную плиту толщиной 10 мм), в качестве клеевого состава использовалась приклеивающая мастика Мастэлон-1, ТУ 38 305-8-232–92, средний расход клеевого состава составлял 400 г/м².

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ПОГОНАЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ

Материал	ГОСТ или ТУ на материал	Характеристики пожарной опасности			
		Группа горючести	Воспламеняемость	Дымообразующая способность	Токсичность продуктов сгорания
Изделия погонажные профильные строительного назначения из поливинилхлорида (вспененного)	ТУ 5772-002-43974250-2002	Г1	В2	Д3	Т2
Изделия профильные погонажные поливинилхлоридные	ТУ 2247-026-46696320-2003, ТУ 5772-001-48160374-2003	Г1	В2	Д3	Т2
Изделия профильные погонажные поливинилхлоридные	ТУ 5772-001-51509121-2002	Г1	В2	Д2	Т2
Профиль ПВХ для окон и дверей системы "Панорама 2000", неокрашенный, неламинированный	Имп.	Г2	В2	Д3	Т2
Профиль поливинилхлоридный для оконных и дверных блоков марки Weltplast WP-551000	ГОСТ 30673-99	Г3	В2	Д3	Т2
Профиль погонажный поливинилхлоридный для оконных и дверных блоков	ТУ 5772-193-00203312-99	Г3	В2	Д2	Т2
Профиль ПВХ для окон и дверей системы "Панорама 2000", неокрашенный, ламинированный пленкой "Repolit"	Имп.	Г4	В2	Д3	Т2

ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ КРАСОК, ЛАКОВ И ЭМАЛЕЙ

Наименование	$T_{\text{вспл}}^*$ °C	$T_{\text{воспл}}^*$ °C	$T_{\text{самовоспл}}^*$ °C	Температурные пределы распространения пламени, °C	
				нижний	верхний
Краски					
Краска водоземulsionная ВА-27А	50	–	594	–	–
Краска ЗВА-27 "А"	Трудногорючая жидкость				
Краска КГ-26 белая	40	–	520	–	–
Краска МА-01 серо-голубая	–	–	450	–	–
Краска масляная алкидная МА-25 фисташковая	43	96	440	42	96
Краска масляная густотертая МД-025 бежевая	53	От- сутств.	455	51	98
Краска ОД-ХВ-221 голубая	35	–	395	31	62
Краска ХВ-161	21	41	550	21	50
Лаки					
Лак АК-113	5	8	410	3	24
Лак АС-548	30	34	415	30	58
Лак АУ-271	24	25	230	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-1	55	60	490	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-2	30	36	475	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-3	20	23	450	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-4	21	24	460	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-5	8	22	460	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-8	23	–	455	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-9	15	24	440	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-10	13	18	430	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-12	12	17	430	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-14	30	39	480	–	–

Продолжение приложения 7

Наименование	$T_{всп}$ °С	$T_{воспл}$ °С	$T_{самовоспл}$ °С	Температурные пределы распространения пламени, °С	
				нижний	верхний
Лак бакелитовый ЛБС-16	21	–	460	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-20	34	–	485	–	–
Лак бакелитовый ЛБС-29	33	46	490	–	–
Лак бакелитовый Р-2	72	–	500	72	92
Лак БГ-783	28	42	230	27	47
Лак ВЛ-0192			410	–5	21
Лак ВЛ-278	–5	–5	385	–13	37
Лак ВЛ-931	28	35	385	29	54
Лак ВЛ-2119	19	19	400	16	33
Лак ГФ-01	31	38	445	31	60
Лак ГФ-070	27	41	420	27	61
Лак ГФ-296Г	16	16	435	29	52
Лак К 3-30-59	27	36	410	27	51
Лак КО-075	9	22	520	9	28
Лак КО-0168	9	16	435	9	36
Лак КО-116	11	20	445	9	34
Лак КР-1	37	41	550	30	70
Лак кремнийорганический К-58	7	–	570	6	39
Лак КТ-30	6	16	460	5	49
Лак ЛФ-231	35	44	306	29	58
Лак МС-080	29	34	470	26	61
Лак НЦ-218	6	6	350	3	25
Лак НЦ-223	2	15	325	6	36
Лак НЦ-995 “Б”	27	30	–	6	28
Лак НЦ-2102	12	12	330	3	19
Лак ХВ-148	23	–	500	22	53
Лак поливинилацетатный	6	–	–	6	29
Лак ПФ-053	30	34	280	30	68

Продолжение приложения 7

Наименование	$T_{всп}$ °С	$T_{воспл}$ °С	$T_{самовоспл}$ °С	Температурные пределы распространения пламени, °С	
				нижний	верхний
Лак ПФ-064	28	30	–	28	72
Лак ПФ-069	41	43	230	34	71
Лак ПФ-080	32	–	260	31	62
Лак ПФ-283	33	43	270	31	51
Лак ПФ-587	36	50	240	33	64
Лак ПЭ-044	94	178	304	56	110
Лак ПЭ-050	125	178	304	66	134
Лак ПЭ-0156	34	34	445	36	75
Лак ПЭ-284	170	184	380	70	149
Лак ПЭ-2120	56	–	335	56	99
Лак ХВ-784	–5	–5	570	–4	24
Лак ХС-563	–10	–6	450	–6	27
Лак ХС-784	11	15	630	–	–
Лак ЦГ-531	16	38	450	16	22
Лак ЭП-527	42	43	375	36	69
Лак ЭП-547	36	–	355	36	71
Лак ЭП-568	12	12	435	11	43
Лак ЭП-5186	36	50	290	35	62
Эмали					
Эмаль А-10-Ф	36	–	350	26	57
Эмаль АК-213М	28	40	370	27	44
Эмаль АК-243	1	1	475	–4	26
Эмаль АК-512	–12	0	520	–12	19
Эмаль АК-1190	38	39	325	30	55
Эмаль АК-2111	23	25	345	–	–
Эмаль АК-5164	15	15	330	–	–
Эмаль АК-5173	27	–	465	25	42
Эмаль АК-5182	10	10	380	10	40

Продолжение приложения 7

Наименование	$T_{всп}$, °С	$T_{воспл}$, °С	$T_{самовоспл}$, °С	Температурные пределы рас- пространения пламени, °С	
				нижний	верхний
Эмаль АС-85	18	28	480	15	46
Эмаль АС-182	31	40	505	25	53
Эмаль АС-576	32	38	410	30	55
Эмаль АС-1115	9	9	410	-1	26
Эмаль АС-1116	23	24	380	-	-
Эмаль АС-1116 "М"	24	25	395	24	53
Эмаль АС-1171 "Г"	26	28	305	-	-
Эмаль В-АС-1162	87	93	435	57	84
Эмаль В-АС-1175	120	143	415	55	72
Эмаль ВД-5193	29	29	370	24	39
Эмаль ВЛ-515	7	7	425	3	30
Эмаль ВЛ-5193	29	29	370	24	39
Эмаль ГФ-026	31	47	485	-	-
Эмаль ГФ-230	32	59	455	32	50
Эмаль ГФ-230у	33	74	450	38	64
Эмаль ГФ-245	35	43	370	31	63
Эмаль ИЛ-290	25	27	415	26	60
Эмаль К-1	52	-	265	52	81
Эмаль КО-821	3	17	515	3	37
Эмаль КО-822	-1	12	400	-1	25
Эмаль КО-864	18	18	535	7	25
Эмаль КО-5124	10	13	560	8	35
Эмаль КО-5125	11	14	570	8	26
Эмаль КО-5140	40	47	355	29	56
Эмаль КГ-190	16	30	515	14	32
Эмаль КГ-1222	29	30	390	22	52
Эмаль К-1	52	-	265	52	81
Эмаль МА-2129	34	66	430	33	53

Наименование	$T_{всп}^*$ °C	$T_{восп}^*$ °C	$T_{самовосп}^*$ °C	Температурные пределы распространения пламени, °C	
				нижний	верхний
Эмаль МЛ-12	28	37	290	–	–
Эмаль МЛ-12-03	25	27	–	23	57
Эмаль МЛ-28-О	65	70	320	54	104
Эмаль МЛ-165М	22	23	410	–	–
Эмаль МЛ-242	16	16	420	–	–
Эмаль МЛ-290	25	27	415	26	60
Эмаль МЛ-1152	27	28	408	25	58
Эмаль МЛ-1156	26	26	–	26	59
Эмаль МЛ-2110	34	40	420	24	67
Эмаль МС-17	28	47	510	23	59
Эмаль МГ-123	8	11	445	7	31
Эмаль МГ-240М	23	24	445	–	–
Эмаль НЦ-132К бежевая	6	7	345	–	–
Эмаль НЦ-132К голубая	9	9	395	2	25
Эмаль НЦ-132П голубая	–1	–1	365	–1	28
Эмаль НЦ-217		–	375	–2	22
Эмаль НЦ-246	22	24	330	3	33
Эмаль НЦ-1125	0	20	320	2	32

ЛИТЕРАТУРА

Список литературы, использованной при подготовке учебного пособия

1. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. — М.: Госстрой России, 1997.
2. ГОСТ 30244-94. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть. — М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1996.
3. ГОСТ 30402-96. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. — М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1996.
4. ГОСТ Р 51032-97. Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени. — М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1997.
5. ГОСТ 12.1.044-89. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — М.: Изд-во стандартов, 1990.
6. НПБ 244-97. Материалы строительные. Декоративно-отделочные и облицовочные материалы. Материалы для покрытия полов. Кровельные, гидроизоляционные и теплоизоляционные материалы. Показатели пожарной опасности. — М.: ГПС МВД РФ, 1998.
7. ГОСТ 147-95. Топливо твердое минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания. — М.: ИПК, Изд-во стандартов, 1996.
8. Баратов А. Н., Андрианов Р. А., Корольченко А. Я. и др. Пожарная опасность строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1988.
9. Иличкин В. С. Токсичность продуктов горения полимерных материалов. Принципы и методы определения. — С.-Пб.: Химия, 1993.
10. Техническая информация (в помощь инспектору Государственной противопожарной службы). — М.: ВНИИПО, 1998.
11. Техническая информация (в помощь инспектору Государственной противопожарной службы). — М.: ВНИИПО, 2001.
12. Техническая информация (в помощь инспектору Государственной противопожарной службы). — М.: ВНИИПО, 2002.
13. Техническая информация (в помощь инспектору Государственной противопожарной службы). — М.: ВНИИПО, 2003.
14. Техническая информация (в помощь инспектору Государственной противопожарной службы). — М.: ВНИИПО, 2004.
15. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: "Пожнаука", 2004.

Список рекомендуемой литературы

1. Романенков И. Г., Зигель-Корн В. Н. Огнестойкость строительных конструкций из эффективных материалов. — М.: Стройиздат, 1984.
2. Демидов П. Г., Шандыба В. А., Щеглов П. П. Горение и свойства горючих веществ. — М.: Химия, 1981.
3. Драздейл Д. Введение в динамику пожаров. — М.: Стройиздат, 1990.
4. Батчер Е., Парнэлл А. Опасность дыма и дымозащита. — М.: Стройиздат, 1983.
5. Абдурагимов И. М., Андросов А. С., Исаева Л. К., Крылов Е. В. Процессы горения. — М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984.
6. Кодолов В. И. Горючесть и огнестойкость полимерных материалов. — М.: Химия, 1976.
7. Воробьев В. А., Андрианов Р. А., Ушков В. А. Горючесть полимерных строительных материалов. — М.: Стройиздат, 1978.
8. Асеева Р. М., Зайков Г. Е. Горение полимерных материалов. — М.: Наука, 1981.

Подписано в печать 07.09.05. Формат 70×100/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 18,85. Тираж 10 000 экз. Заказ № 32.

Издательство "Пожнаука"

109052 Москва, Смирновская ул., 1-А

Тел.: (095) 918-03-11, 918-03-60

E-mail: firescience@mail.ru

Отпечатано в ООО "ПС Шанс"

127412 Москва, Ижорская ул., 13/19