

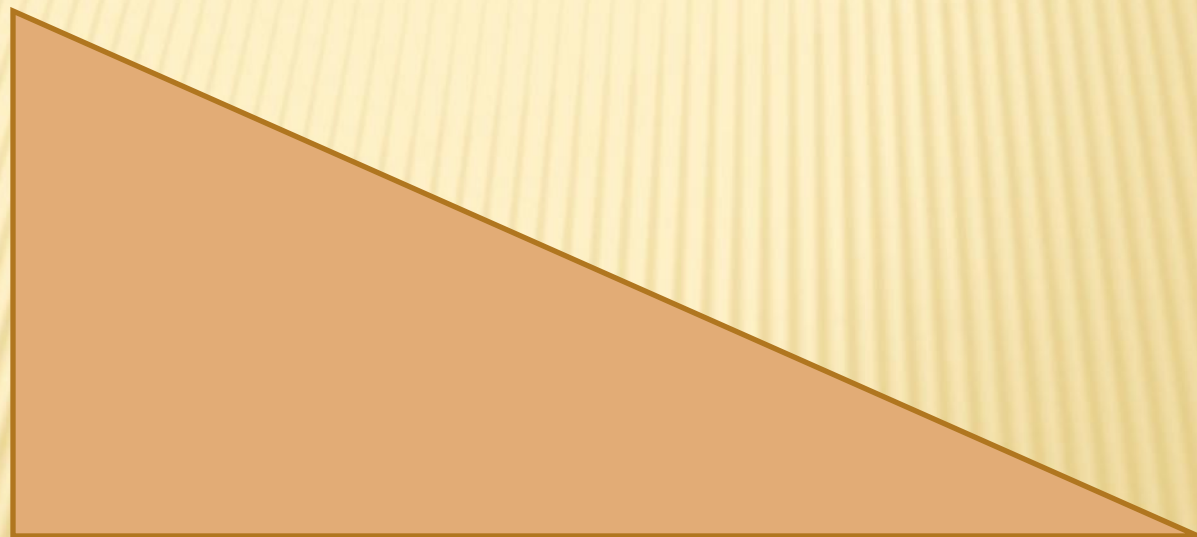
# СПОСОБЫ ОГНЕЗАЩИТЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Исходные сведения об огнезащите органических материалов;
2. Огнезащита древесины и изделий на ее основе;
3. Оценка огнезащитной эффективности покрытий и пропиток;
4. Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов (ПСМ)

# 1. Исходные сведения об огнезащите органических материалов

## «Треугольник горения»

горючее



окислитель

Источник зажигания

### Физические методы:

- замедление подвода тепла к материалу за счет теплоизолирующего экранирования его поверхности;
- охлаждение зоны горения в результате увеличения отводов тепла в окружающую среду;
- ухудшение условий переноса реагентов к фронту горения

### Химические методы:

- целенаправленные изменения структуры материала, соотношения и состава его материала;
- воздействие химических реагентов – ингибиторов газофазных реакций горения;
- воздействие химических реагентов, влияющих на твердофазные процессы пиролиза

## Снижение выхода токсичных продуктов осуществляют:

- ❖ путем простого разбавления;
- ❖ изменением хода реакций пиролиза и горения, в результате чего увеличивается выход инертных веществ;
- ❖ путем поглощения и связывания токсичных компонентов



## 2. Огнезащита древесины и изделий на ее основе

Использование огнезащитной обработки древесины значительно уменьшает вероятность ее воспламенения от маломощных источников, увеличивает время задержки воспламенения при действии более мощных источников и открытого пламени, а также замедляет процесс распространения пламени по поверхности деревянных изделий и конструкций.

В качестве огнезащитных средств для древесины и деревянных конструкций применяют: теплоизолирующие «одежды», огнезащитные покрытия, растворы огнезащитных веществ – антипиренов.

**Теплоизолирующие одежды** защищают поверхность древесины от действия источника тепла и тем самым препятствуют протеканию процессов терморазложения древесины и воспламенения ее продуктов разложения

**Краски и обмазки** выполняют газо-изолирующую функцию, препятствуют выходу продуктов разложения из древесины и проникновению к ним кислорода воздуха

**Антипирены** оказывают влияние на процессы термоокислительного разложения, воспламенения и горения древесины, усиливают процесс карбонизации, что приводит к уменьшению выхода горючих продуктов разложения

# МЕТОДЫ ОГНЕЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

## Физические

- теплоизолирующие  
одежды;  
- инертные  
краски, обмазки

## Химические

- пропитка  
антипиренами

## Смешанные

- краски и  
обмазки,  
содержащие  
антипирены

## Поверхностные

Использование  
термоизолирующих  
одежд, красок и  
обмазок,  
поверхностной  
пропитки  
антипиренами

## Глубокие

Пропитка  
древесины в  
автоклавах под  
давлением и в  
горяче-холодных  
ваннах

## Комбинированные

Глубокая пропитка  
древесины в горяче-  
холодных ваннах с  
последующей  
окраской атмосферо-  
устойчивой  
огнезащитной  
краской



## В технологическом регламенте работ по огнезащите указываются:

- материалы и вещества, которые следует применять для обработки, а также их возможные заменители;
- состав и способ приготовления огнезащитной композиции;
- способ ее применения – поверхностное нанесение или глубокая пропитка;
- оборудование для проведения огнезащитной обработки;
- нормы расхода состава на единицу поверхности или объема обрабатываемой древесины;
- количество наносимых слоев и условия сушки при поверхностной обработке;
- огнезащитная эффективность применяемого метода;
- особые условия проведения и применения обработки: влажность обрабатываемой древесины, температура и влажность окружающего воздуха, химическая агрессивность среды и т.д.



# Поверхностные огнезащитные средства

## Силикатная краска СК-Л

**Состав:** жидкое натриевое стекло – 54 %, липотон – 39 %, вермикулит – 7 %

**Способ приготовления:** к смеси липотона с вермикулитом добавляют небольшое количество жидкого стекла и массу тщательно перетирают до образования однородной пасты. В полученную пасту при непрерывном перемешивании добавляют остальное количество жидкого стекла. Краску наносят ровным слоем кистью за три раза с перерывом между нанесениями не менее 6 ч. Расход краски на 1 м<sup>2</sup> поверхности – 500 г.

## Суперфосфатная обмазка

**Состав:** суперфосфат сухой – 70 %, вода – 30 %

**Способ приготовления:** в посуду засыпают требуемое количество суперфосфата и к нему при непрерывном перемешивании добавляют воду до получения молярной консистенции. Приготовленная обмазка пригодна для работы в течение 5-6 ч. Обмазку наносят ровным слоем кистью за два раза. Время сушки между нанесением каждого слоя не менее 24 ч. Расход обмазки – 1200 г/м<sup>2</sup>.

# Поверхностные огнезащитные средства

## Известково-глиносолевая обмазка ИГС

**Состав:** известковое тесто – 74 %, глина – 4 %, соль поваренная – 11 %, вода – 11 %.

**Способ приготовления:** известь, просеянную через сито, замешивают с водой в соотношении 1:1. Поваренную соль просеивают через сито, смешивают с требуемым количеством воды и на этой смеси замешивают необходимое по рецепту количество глины. Полученное глиняное тесто смешивают с ранее приготовленным известковым тестом. Обмазку наносят кистью в два слоя с промежуточной сушкой после нанесения первого слоя не менее 10 ч. Срок высыхания обмазки при температуре 18-19 °С – 12 ч. Расход обмазки – 1400 г/м<sup>2</sup>

# Поверхностные огнезащитные средства

## Покрытие по древесине фосфатное огнезащитное ОФП-9 (ГОСТ 23790-79)

**Состав:** сухая смесь, в которую входят полиметафосфаты натрия 35-40 %, зола уноса ТЭС – 14-16 %, железный сурик или окись цинка – 4-6 %, тиомочевина – 18-22 %: 5 весовых частей, вода водопроводная: 4 весовые части

**Способ приготовления:** сухую смесь засыпают в сосуд с необходимым количеством воды, подогретой до температуры 20-70 °С, и перемешивают до получения однородного состава. При применении мочевины ее предварительно растворяют в воде, а затем добавляют сухую смесь. Покрытие наносят в три слоя пневмораспылителем. Каждый слой покрытия должен быть высушен не менее 2 ч при температуре 50 °С или 24 ч - при естественной температуре. Толщина покрытия – 0,6-0,8 мм, расход сухой смеси 500-700 г/м<sup>2</sup>



# Поверхностные огнезащитные средства

## Покрытие по древесине вспучивающееся огнезащитное ВПД (ГОСТ 25130-82)

**Состав:** меламин и мочевиноформальдегидная смола – 31,9 %, 5%-й водный раствор натриевой соли и карбоксиметилцеллюлозы – 15,9 %, мелем – 18,4 %, дициандиамид – 6,3 %, аммофос – 27,5 %.

**Способ приготовления:** Исходную композицию в виде густотертой пасты разбавляют водой до требуемой консистенции. Покрытие наносят до толщины 0,2 мм, расход 700 г/м<sup>2</sup>

## Состав ТХЭФ

**Состав:** раствор треххлорэтилфосфата в четыреххлористом углероде

**Способ приготовления:** Наносят на древесину пропиткой в холодных ваннах, кистью или валиком. Расход – 600 г/м<sup>2</sup>

## Вспучивающееся покрытие «Экран-Д»

**Состав:** смесь термостойких газообразующих наполнителей в водном растворе мочевиноформальдегидной смолы и жидкого стекла

**Способ приготовления:** Состав изготавливают в заводских условиях и выпускают в двух частях – А и Б. Обе части перемешивают до получения однообразной массы. Расход сырого состава – 1,2-1,5 кг на один слой покрытия, количество слоев – не менее трех, общая толщина покрытия 3-3,5 мм

# Пропитка древесины антипиренами

## Поверхностная пропитка антипиренами

**Состав:** фосфорнокислый аммоний (диаммонийфосфат) – 20 %, сернокислый амоний (сульфат аммония) – 5 %, керосиновый контакт – 3 %, вода – 72 %

**Приготовление раствора:** в теплой воде размешивают фосфорнокислый аммоний и подливают керосиновый контакт, добавляют сульфат аммония, перемешивая его до растворения. Затем доливают оставшееся количество воды, за вычетом избытка воды, содержащейся в разбавленном керосиновом контакте; раствор тщательно перемешивают и дают отстояться в течение суток

**Способ пропитки:** раствор наносят на поверхность изделия кистью или краскопультом. При обработке раствором комнатной температуры состав наносят трижды с перерывами по 6 ч. При температуре раствора 50-60 °С его наносят два раза с перерывом 12 ч. Расход раствора – 1100 г/м<sup>2</sup>

# Пропитка древесины антипиренами

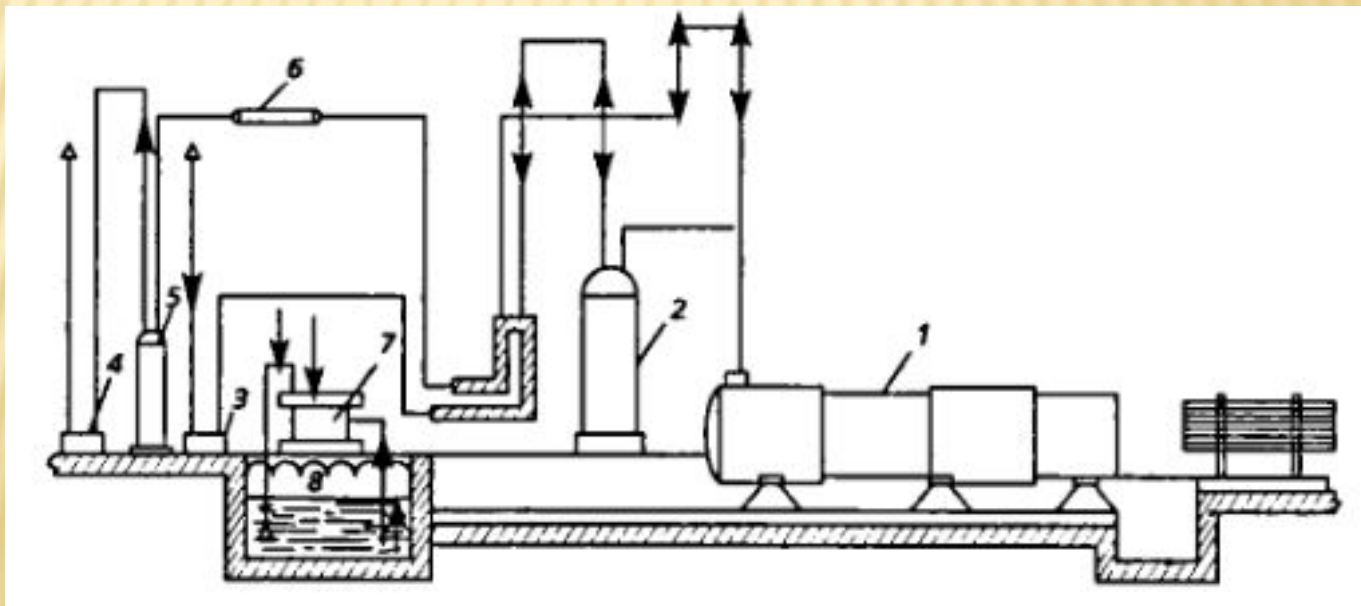
## Глубокая пропитка древесины антипиренами под давлением

**Состав:** соли аммония (антипиренов), фтористого натрия (антисептик) и вода

**Рецептура пропиточного состава МС 1:1:** диаммонийфосфат – 7,5 %, сульфат аммония – 7,5 %, фторид натрия – 2,0 %, вода – 83 %

Древесина, подвергаемая глубокой пропитке, должна быть с влажностью не более 15 %.

Пропитку производят в специальных заводских установках





## Последовательность пропитки:

1. В пропиточный цилиндр загружают древесину;
2. Герметизируют аппарат;
3. Включают вакуум-насос и в пропиточном цилиндре постепенно создают вакуум до 85,5 кПа;
4. В цилиндр подают раствор из резервуара, при этом вакуум не должен снижаться ниже 79 кПа;
5. Вакуум-насос выключают и с помощью насоса в пропиточный цилиндр подают раствор под давлением. Постепенно в течение 1 ч давление доводят до расчетного и держат до окончания поглощения раствора, момент которого определяется прекращением убывания раствора в мернике;
6. По окончании пропитки давление постепенно снижают до нуля, в течение 20 мин древесина продолжает оставаться в пропиточном цилиндре для стекания раствора;
7. Выгружают древесину, взвешивают на весах и направляют на сушку.

Подсчитывают количество антипиренов, впитавшихся в древесину. Оно должно быть 66 кг/м<sup>3</sup>

$$K = C \frac{m_k - m_0}{V}$$

$K$  – количество антипиренов, впитавшихся в древесину, кг/м<sup>3</sup>;

$m_k$  – масса древесины после пропитки, кг;

$m_0$  – масса древесины до пропитки, кг;

$C$  – концентрация антипиренов в растворе;

$V$  – объем древесины, м<sup>3</sup>.

# Пропитка древесины антипиренами

## Глубокая пропитка древесины в горяче-холодных ваннах

**Состав:** МС 1:1 или МС 3:7

**Рецептура пропиточного состава:** диаммонийфосфат – 6 %, сульфат аммония – 14 %, фторид натрия – 1 %, вода – 79 %

**Порядок пропитки:** деревянные изделия погружают в бак, подают раствор с температурой 80-90 °С и выдерживают до 24 ч. При этом из пор древесины выходит воздух. Затем в бак снизу подают холодный раствор так, что он вытесняет горячий раствор, который сливают через верх бака. Время выдержки в холодном растворе до 24 ч. По окончании пропитки раствор сливают, древесину выгружают, взвешивают и определяют количество антипиренов, впитавшихся в древесину

**Достоинство способа:** простота и несложность оборудования

**Недостатки:** слабая пропитываемость середины изделий из древесины, ограниченная возможность регулирования количества вводимого пропиточного состава, значительная затрата времени на поглощение раствора

**Физическая сущность процесса:** при погружении в горячий раствор воздух в порах расширяется и выходит из них – в порах создается разрежение, поэтому в них затем проникает холодный пропиточный раствор



### 3. Оценка огнезащитной эффективности покрытий и пропиток

ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств»

Глубокая пропитка антипиренами под давлением, глубокая пропитка антипиренами в горяче-холодных ваннах с последующей окраской атмосфероустойчивой огнезащитной краской, большинство видов термоизолирующих одежд, вспучивающиеся и фосфатные покрытия – *обеспечивают снижение горючести до групп Г1, Г2.*

Поверхностная пропитка антипиренами, инертные краски и обмазки, глубокая пропитка в горяче-холодных ваннах – *обеспечивают снижение горючести до группы Г3.*

## Результаты испытаний эффективности огнезащитных составов

Метод испытаний	Устанавливаемые показатели	Древесина сосны без обработки	Результаты испытаний			
			ОФП-9	ВПД	МС 1:1	ТХЭФ
ГОСТ 16363-76	Потеря массы, %	30	9	6	9	13
ГОСТ 30244-94	Температура дымовых газов, °С	400	155	140	133	412
	Время самостоятельного горения, с	270	0	0	0	90
	Степень повреждения по длине, %	100	27	24	25	100
	Степень повреждения по массе, %	27	2,7	1	2,2	18,2
	Группа горючести	Г3	Г2	Г2	Г1	Г3

## 4. Способы снижения пожарной опасности полимерных строительных материалов (ПСМ)

Так как горючесть полимерных материалов зависит от соотношения теплоты, выделяемой при сгорании продуктов пиролиза, и теплоты, необходимой для их образования и газификации, то снижение горючести можно обеспечить за счет уменьшения скорости газификации и снижения количества образующихся горючих продуктов следующими методами:

- Введение инертных наполнителей;
- Введение антипиренов (2 класса – механически совмещающиеся с полимерами и образующие с ними однородную смесь и реакционноспособные соединения, включающиеся в молекулярную структуру полимера);
- Нанесение огнезащитных покрытий



## Инертные антипирены:

1. Неорганические вещества – элементарный фосфор, фосфат или полифосфат аммония, гидроокись алюминия, сульфиды фосфора, бура, борат цинка со слабой степенью гидратации, фторобораты щелочных металлов, сульфаты, нитраты, хлориды алюминия, калия.
2. Низкомолекулярные галоидосодержащие органические соединения ациклического, алициклического или ароматического строения.
3. Низкомолекулярные фосфорорганические соединения – эфиры фосфорной, фосфоновой или фосфиновой кислот, соли и основания четвертичного фосфония.
4. Высокомолекулярные галоид- и фосфорсодержащие соединения.
5. Органические азотосодержащие вещества, соединения бора, сурьмы и олова



Реакционноспособные антипирены: низко- и высокомолекулярные соединения, содержащие различные функциональные группы, способные к реакциям *полимеризации*, *поликонденсации* и *полиприсоединения*. Используют в качестве сомономеров и сшивающих агентов при синтезе полимеров или модификаторов.

*Гипотезы, объясняющие снижение горючести полимерных материалов в присутствии антипиренов:*

- ❖ химическая;
- ❖ ионная;
- ❖ газовая;
- ❖ тепловая;
- ❖ образования защитного покрытия

## Группы антипиренов по механизму действия:

- разлагающиеся с выделением негорючих газов (горение замедляется из-за повышения НКПВ и снижения температуры пламени вследствие разбавления горючих продуктов пиролиза негорючими);
- галоидосодержащие (ингибирование радикальных цепных процессов в газовой фазе);
- образующие защитные пленки и способствующие повышению коксообразования – фосфор и борсодержащие соединения (горючесть ПСМ снижается вследствие замедления тепло- и массообмена между пламенем и поверхностью полимерных материалов)

## Антипирены должны удовлетворять следующим требованиям:

- ❖ обладать высокой эффективностью пламягасящего действия;
- ❖ хорошо совмещаться с полимерами;
- ❖ оказывать минимальное влияние на физико-механические свойства ПСМ;
- ❖ быть нетоксичными, достаточно доступными и относительно дешевыми

Для создания огнезащищенных ПСМ используют направленный синтез и модификацию полимеров с целью получения продуктов, имеющих пониженную скорость газификации, образующих карбонизированный продукт и низкий выход горючих продуктов пиролиза



Огнезащитные покрытия используют для снижения пожароопасности строительных материалов из древесины, древесностружечных и древесноволокнистых плит, пенопластов и стеклопластиков.

Принципиально новым направлением создания полимерных материалов пониженной горючести является синтез полимеров с минимальным содержанием органической части, а также термостойких полимеров, выделяющих при разложении негорючие и нетоксичные летучие продукты