

При какой температуре загорается дерево

Почему сгорает дом, или баня? Где начинается пожар? Почему?

По статистике основных причин пожара две: неисправная электропроводка и неправильно смонтированный камин или банная печь. Электропроводка не моя тема (хотя в глубокой юности работала электроосветителем сцены). А вот монтаж каминов, печей и дымоходов к ним – в этом я мастер. И готова поделиться мастерством с вами.

Этот хелпер – про дерево. Секрет мастерства, который я здесь раскрываю – знание, как ведет себя древесина при разных температурах.

«В России ежедневно происходит в среднем около 700 только зарегистрированных пожаров, на которых погибает 40-50 человек... И, к сожалению, наблюдается тенденция к росту количества пожаров. Подвержены горению сооружения и конструкции из дерева.

А между тем древесина - бесподобное творение природы, оптимальнейший строительный материал, экологически здоровый, возобновляемый, теплый, технологичный, с достаточно высокой механической прочностью. Такие органические недостатки древесины, как горючесть и подверженность биоразрушению, в настоящее время легко преодолеваются с помощью доступных антипиренов, антисептиков, других средств защиты.»

В. А. Войтович, к.т.н., доцент, Нижегородский ГАСУ

В домах с печами и каминами дерево используется не только как дрова. Сквозь межэтажное перекрытие, часто деревянное, тянется дымоход. Через бревенчатую стену парной в комнату отдыха проходит тоннель банной печи. Деревянные стены гостиной нагреваются от камина. К потолку и полкам в парной иногда невозможно притронуться – так они горячи.

Во всех этих ситуациях дерево постоянно нагревается. С разогрева древесины начинается ее воспламенение и горение.

Разогрев древесины

Разогрев - это нагрев участка древесины от наружного источника тепла до температуры воспламенения. Источником тепла может послужить поднесенная спичка, соседний горящий участок полена или щепки, либо что-то еще, способное греть и нагревать до требуемой температуры.

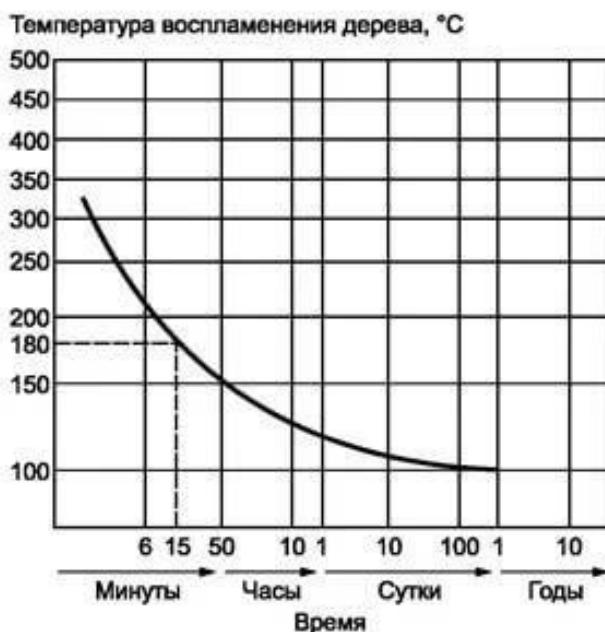
Непрерывным условием для воспламенения и горения является достаточный приток кислорода и концентрация теплоты горения, которая не рассеивается, а идет на прогрев новых смежных участков топлива до температуры воспламенения.

Воспламенение

Воспламенение древесины от открытого огня может происходить при температуре около 210°C и сопровождается повышением температуры.

При отсутствии открытого пламени и искр воспламенение может произойти при быстром (1-2 минуты) нагревании древесины до температуры выше 330°C. При длительном воздействии теплоты температура воспламенения древесины снижается до 150-170°C.

Это необходимо учитывать при размещении деревянных конструкций вблизи нагреваемых предметов (каминов, печей, дымоходов). В этих случаях нужно обеспечить такие условия контакта древесины с ними, чтобы ее установившаяся температура не превышала 150°C.



Температура воспламенения дерева в функции времени

Основным условием для продолжения и развития самостоятельного горения зажженного деревянного изделия является превышение количества теплоты, аккумулированной поверхностными слоями его, над количеством теплоты, отдаваемой в пространство. Другими словами, для поддержания и распространения горения необходимо, чтобы температура соседних участков конструкций поддерживалась выше точки воспламенения древесины.

Температуры отходящих газов у печей и каминов

оборудование	t, °C
русская печь, камин (дрова)	350-650
банная печь (дрова)	400-850
биокамин (биоэтанол)	400-800
газовый камин	450-550

Древесина, как вам известно, построена волокнами целлюлозы, склеенными лигнином. Эти вещества при воздействии высокой температуры, возникающей, например, в пламени спички, подвергаются пиролизу (термическому разложению) с образованием газообразных, легко загорающих органических веществ, причем их сгорание идет с выделением теплоты. Эта теплота может поддерживать и даже повышать тот уровень температуры, при котором огонь распространяется на соседние участки деревянного изделия.

Самовоспламенение

«Для древесины горение может проявиться либо тлением, либо пламенем. Самопроизвольное тление называется самовозгоранием. Самопроизвольное появление пламенного горения – это самовоспламенение.»

При медленных нагревах чаще происходят процессы самовозгорания. Пламенное самовоспламенение происходит обычно на уже значительно обуглившейся древесине.

При быстрых нагревах создаются высокие концентрации летучих газов (не успевающих разлететься в стороны), поэтому доминирует самовоспламенение.

Разброс температур самовозгораний-самовоспламенений древесины может оказаться значительным: от обычных температур самовоспламенения на уровне 400°C до случаев возгорания ниже 200°C.»

(из инструкции к каминам Jotul)

Температурные режимы горения и самовозгорания древесины

Температуры обугливания/самовоспламенения дерева:

древесина	t, °C воспламенение	t, °C самовозгорание тлением	t, °C самовоспламене ние
ель	241	240	380
сосна	255	250	350-400
дуб	230	230	370
ольха		275	
бук		275	
груша		230	380
береза			300-350

Температуры воспламенения дерева учитываются при прохождении дымоходом и тоннелем банной печи деревянных стен, потолков, перекрытий и стен прислонения каминов и печей.

Поведение древесины при разных температурах*:

t, °C	что происходит
105	из древесины испаряется вода
130-150	удаляются остатки влаги при температуре 150°C происходит разложение нестойких соединений древесины, ее цвет становится желтым. древесина начинает самонагреваться. Если создать условия, необходимые для накопления тепла, то самовозгорается (медленное и постепенное обугливание дерева, с образованием самовоспламеняющегося угля). Эта опасность появляется только при нагревании ее до температуры выше 130°C. Обычно самовозгорание происходит в скрытых деревянных конструкциях или в скопившихся древесных отходах, долгое время подвергавшихся нагреву. (См. график выше «Температура воспламенения дерева в функции времени»)
170	может самовозгореться при неизменном нагреве более 24 часов
200-230	разложение усиливается, начинаются процессы с выделением газов. Древесина становится коричневой с поверхностным обугливанием. Химический состав изменяется, т. е. происходит увеличение процента углерода и уменьшение водорода и кислорода. Уменьшается объемный вес древесины, но ее объем остается постоянным.

	<p>Пористость увеличивается, следовательно, увеличивается и ее поверхность соприкосновения с воздухом.</p> <p>При температуре 230-270°C в древесине происходит образование пирофорного угля, который способен энергично поглощать (адсорбировать) кислород. Последний, окисляя уголь, поднимает температуру настолько, что уголь воспламеняется, и дерево начинает гореть.</p>
270-280	<p>начинается активное термическое разложение древесины на составляющие. На поверхности дерева появляется видимый обугливающийся слой, который тлеет (горит без пламени). При этом из обуглившегося слоя начинает выделяться белый (бурый) дым. Это конденсат (роса, туман), который выходит из пор древесины в виде газа (паров).</p> <p>Конденсат выходит, сначала диффузионно, а затем и под напором (струями). Наличие дыма (конденсата) говорит о том, что древесина уже достаточно прогрелась и, началось ее термическое разложение на газообразные составляющие - продукты разложения, сдобренные приличной порцией водяного пара.</p> <p>Самого процесса горения еще нет. Если прекратить нагрев, то возгорания не наступит.</p> <p>Вспышка пиролизных газов</p> <p>При дальнейшем нагреве разложение древесины на газообразные составляющие, будет усиливаться. Процесс термического разложения (пиролиз) пойдет вглубь древесной массы. Концентрация пиролизных газов в зоне разогрева достигнет критической отметки и произойдет их возгорание (вспышка). Вспышка состоится на границе с кромкой белого дыма и распространится на весь его объем. Возникнет светло-жёлтое пламя. Температура зоны разогрева может резко увеличиться за счет теплоты от сгорания пиролизных газов.</p> <p>Температура вспышки горючих пиролизных газов находится в пределах 250-300°C. Это температура, при которой становится теоретически возможным процесс воспламенения и горения самой древесины.</p>
450	<p>если и дальше продолжать разогревать древесину, то наступит ее воспламенение. Это начальная стадия горения, в течение которой внешняя энергия приводит к резкому ускорению термохимической реакции. Практика показывает, что в естественных условиях воспламенение древесины наблюдается при температуре от 450 до 620°C.</p>
800-1000	<p>температура горения дерева</p> <p>При увеличении толщины первичного обугленного слоя до 1-3 мм и повышении температуры обугленного слоя (до 300-350°C для берёзы и 350-400°C для сосны) поверхность углей самовоспламеняется в воздухе.</p> <p>Это означает, что угли на поверхности вступили в реакцию окисления $C+O_2=C O_2$ с выделением энергии и нагревом поверхности углей до 1000-1200°C, в результате чего поверхность начинает светиться и «истлевать» (разрушаться). При этом возникает повышенный тепловой поток внутрь древесины (за счёт теплопроводности от горячей поверхности). За счёт разогрева начинается пиролиз глубинных слоев древесины.</p> <p>пламенное горение переходит в беспламенное горение угля (тление) с температурой до 900°C</p> <p>Если упомянутое выше условие соблюдается, то возникшее при вспышке пламя</p>

	<p>уже не затухает, а охватывает всю обугленную часть древесины. Это означает, что древесина воспламенилась, и процесс воспламенения перешел в процесс горения. Полено (щепка), если его извлечь из очага, будет гореть на воздухе самостоятельно.</p> <p>Горение древесины обычно начинается с тления - воспламенения углей обугленного слоя (а не воспламенения горючих газов).</p> <p>Процесс горения в естественных условиях состоит из двух фаз - пламенной фазы, которая характеризуется движением горячих газов наружу, и тления, при котором происходит движение воздуха в толщу древесины.</p> <p>В режиме тления главным (ведущим) процессом является горение твёрдых продуктов пиролиза (углей). При этом газообразные продукты выделяются медленно и не могут воспламениться из-за малой концентрации паров и при охлаждении конденсируются, давая обильный белый дым.</p> <p>В режиме пламенного горения ведущим процессом является горение газообразных продуктов пиролиза, которое характеризуется движением горячих газов наружу.</p> <p>Обе фазы горения неразрывно взаимосвязаны и будут продолжаться до тех пор, пока в зоне горения будут соблюдаться три условия: наличие топлива, наличие кислорода и концентрация необходимой температуры. Если одно из этих условий не соблюдается, то пламя затухает и весь процесс воспламенения и горения, либо прекращается, либо, в точности повторяется с самого начала, в зависимости от стабильности наружного источника тепла.</p> <p>Режим разгорания называется кинетическим. Скорость реакции окисления очень быстро (экспоненциально) растёт с температурой, так что по мере разогрева поверхности растёт темп нагрева, и реакция идёт в разгон. Скорость выхода газообразных продуктов пиролиза становится столь большой, что они уже не успевают сгореть ни внутри, ни на поверхности обугленного слоя, выходят наружу и сгорают в виде пламени (факела).</p>
--	--

* Понятия температур воспламенения и самовоспламенения древесины весьма не определены и даже более условны, чем в случае жидкостей, поскольку при воспламенении древесины воздух взаимодействует сразу с тремя фазами: твёрдой, жидкой и газообразной.

Цвета древесины при горении

t, °C	
до 150	цвет не меняется
200	желтый
250	темно-коричневый
300	черный
400	древесина превращается в уголь

Температуры горения дров*

древесина	t, °С	действительная t горения**
ольха	552	1177
сосна	624	1090
ель		1080
береза	816	1069
бук, ясень		1044
граб		1020
зимний дуб	900	
лиственница	865	
летний дуб	840	
пихта	756	
акация	708	
липа	660	
осина	612	
тополь	468	

*Температура горения – температура, до которой нагреваются продукты горения

** Действительная температура горения – это температура пожара

Считается, что древесный уголь древесины разных пород самовоспламеняется на воздухе при 300-470°С, однако при очень длительном нагреве древесины в связи с возможностью образования ультрамелкой сажи на поверхности древесины (пирофорного угля) может наблюдаться самовоспламенение уже при 140°С.

Нормативы

Европейские специалисты по пожаротушению считают, что самовоспламенение древесины возможно при 140°С. Что касается наших пожарных, то они полагают, что температуры самовоспламенения древесины превышают 320°С, в связи с чем максимальная температура внешних поверхностей металлических печей по НПБ 252-98 установлена 320°С (в помещениях с временным пребыванием людей).

Заключение

Итак, где и почему возгорается дерево в домах с каминами и печами, мы разобрали – это проходы деревянных стен и перекрытий и стены прислонения. И там, и там нужна пожарная изоляция, которая а) защищает дерево от нагревания и б) не фонит при нагреве разными вредными для здоровья выделениями.

Можно поставить в контрольных точках индикатор – древний, как сам мир, кусочек войлока или натуральной шерсти. Если место опасно нагревается, вы поймете это по запаху.

Консультация

Если вам нужна помощь в понимании монтажа камина/печи/дымохода и подборе материалов для пожарной изоляции, записывайтесь ко мне на консультацию. Просто напишите заявку на email mklepcova@yandex.ru, и мы обговорим условия и время консультации. Я расскажу нюансы и тонкости в деталях. Вы сможете компетентно оценивать работу бригады, которая устанавливает вам камин и тянет дымоход.

Успехов, и пусть в вашем доме все будет достойно ваших усилий и вашей мечты.

Словарик начинающего пожарного:

уголь (древесный) – полное преобразование полена в куски древесного угля в результате увеличения толщины обугленного слоя

жар - режим интенсивного горения углей – когда раскалённая поверхность древесного угля оказывается в атмосфере воздуха и начинает гореть самостоятельно, без пламени

тление - поддерживает огонь как бы подспудно, в скрытом виде («тлеют как под пеплом головешки»)

пыл - пламенное горение

костер - вот, например, лежит полено и тлеет. Можно подуть в зону тления и количество кислорода у раскалённой обугленной поверхности увеличится, скорость окисления возрастёт, и бревно загорится пламенем. Но можно положить рядом с тлеющим поленом ещё одно тлеющее полено так, чтобы тепловое излучение тлеющей поверхности одного полена грело тлеющую поверхность другого полена. В таком случае тепловые потери на излучение уменьшаются, температуры обугливающих слоев обоих поленьев возрастают, и между тлеющими поленьями возникает пламя. Подобный приём используется повсеместно и называется костром.

увядание тления - происходит при прекращении подачи воздуха или при охлаждении

чад – черный дым

головешки - витиеватые сучки древесины, могут долго дымить

Источники:

<http://kostrzewa.spb.ru/eto-interesno/117-gorenie-drevesiny-v-estestvennykh-usloviyakh>

<http://tehnopost.kiev.ua/drova/21-obychnoe-gorenie-drevesiny.html>

http://studopedia.ru/9_82460_vosplamnenie-i-gorenie-drevesini.html

<http://wood-petr.ru/wood/prichiny-razrusheniya-drevesiny.php>

http://www.germostroy.ru/art_83.php

<http://sokol-motor.info>