



УДК 564.48.01

U.I.RUSTAMOV, A.J.KHABIBULLAEV, B.A.MUKHAMEDGALIEV

RESERSHESE FIRE WOOD FOR PRODUCTION BUILDING KONSTRUCTION

Маҳаллий ёғоч материалларнинг ёнишида тутун ва газ аралашмалари таркибидаги заҳарли моддаларнинг ҳосил бўлиши жараёнининг муҳим хусусиятлари ўрганилган. Ажралиб чиқаётган тутуннинг миқдори ёнувчи материалнинг структуравий хусусиятларига боғлиқлиги кўрсатилган. Ёғочнинг экзотермик парчаланиши 270-280 °C дан бошланиши аниқланган. Жараёнда кўплаб миқдорда иссиқлик ҳосил бўлиши аниқланган. Қайрағоч ёғочи учун парчаланиш ҳарорати 260 ккал/кг ни ташиқл этиши аниқланган. Бу ҳарорат жараёни кейинги қиздиришсиз олиб бориши учун етарли эканлиги ва атроф муҳитга зарар етказмаган ҳолда бориши аниқланган. Ёғоч конструкцияларини ишлаб чиқаришида ёғоч турини танлаш бўйича айрим тавсиялар ишлаб чиқилган.

Таянч сўзлар: заҳарлилик, тутун ҳосил қилиши, ёниш, биоиндикация, куйиш, ёғоч, қурилиш конструкцияси, оловбардошлик.

Исследованы некоторые специфические особенности горения и дымообразования древесных материалов, а также токсичность выделяющихся при горении местной древесины газов. Установлено, что концентрация выделяющегося дыма и его природа зависят от структурных особенностей и химического состава горючего материала. Выявлено, что начало экзотермического разложения древесины имеет место с температуры 270-280°C. При этом в процессе выделяется значительное количество тепла. Для древесины карагача теплота разложения составляет 260 ккал/кг. Этой теплоты достаточно для практического проведения процесса до конца без подогрева извне при условии исключения потерь в окружающую среду. Разработаны некоторые рекомендации по выбору типа древесины при производстве строительных конструкций.

Ключевые слова: токсичность, дымообразование, горение, биоиндикация, тление, древесина, строительные конструкции, огнестойкость.

Some specific features of combustion and smoke formation of wood materials, as well as toxicity of gases released from combustion of local wood, are studied. It is established that the concentration of the released smoke and its nature depend on the structural features and chemical composition of the combustible material. It was found that the beginning of the exothermic decomposition of wood begins at a temperature of 270-280 ° C. In this process, a significant amount of heat is released during the process. For calcareous wood, the heat of decomposition is 260 kcal / kg. This heat is sufficient for the practical implementation of the process until the end without heating from the outside, provided that the losses to the environment are excluded. Some recommendations on the choice of the type of wood in the manufacture of building structures have been developed.

Key words: toxically, smoke obtained, fire, bioindication, bouldering, wood, building constructions, flammability.

Введение

Исследование процессов воспламенения и горения древесины и синтетических полимеров, а также различных композиционных материалов на их основе приобретает в настоящее время исключительно важное практическое значение. Интерес к этой быстро развивающейся области науки и техники обусловлен назревшей необходимостью создания научных основ целенаправленного синтеза негорючих полимерных материалов, рациональной технологии получения пожаробезопасных материалов, прогнозирования условий их эксплуатации, исключающих возможность возникновения и распространения пожаров, поскольку производство полимерных материалов является одной из наиболее быстро развивающейся области химической промышленности. Рост производства и потребления многих полимерных материалов в

различных отраслях техники несколько сдерживается из-за ряда недостатков, и, в частности, их повышенной пожароопасности.

Кроме того, проблема рационального использования лесных ресурсов занимает особое место. Лес - важнейший источник сырья. Вместе с тем чрезвычайно велика средообразующая роль лесных биогеоценозов, их защитных функций. Древесные плиты - эффективный конструкционно-отделочный материал для промышленно-гражданского строительства, мебельного производства.

Целью настоящей статьи является исследование горючести, дымообразующей способности и токсичности выделяющихся газов при горении местных пород древесины, а также разработка научных рекомендаций для их практического применения.

Методы и объекты исследований

Методы испытания горючести, дымообразующей способности и токсичности, выделяющихся при горении древесины газов различны. На практике дымообразующую способность древесных материалов оценивали по максимальной величине оптической плотности дыма в расчёте на единицу площади образца – D_s^{\max} или на единицу начальной массы образца – D_m^{\max} , либо в расчёте на потерю массы образца за период испытания – $D_{\Delta m}^{\max}$, применяли метод ASTM E-662. Огневые испытания были проведены в лаборатории термодинамики процессов горения Университета КЕИО (Япония). По калориметрическому методу определяли показатель возгораемости $Q1/Q2$, где $Q1$ - количество тепла (в кДж или ккал), выделившееся при горении образца полимера, $Q2$ - количество тепла, затраченное на поджигание образца. По другому методу огнестойкость характеризовали кислородными индексами воспламеняемости (минимальным содержанием кислорода в азотно-кислородной смеси, при котором полимер еще может загореться). Был применен также термогравиметрический анализ образцов на дериватографе системы Паулик-Паулик-Эрдеи. В качестве объекта исследования были применены образцы древесины стеблей хлопчатника (гуза-паи), азиатского тополя (терак) и саксаула, которые были взяты из южных областей Узбекистана. Для сравнения с южными разновидностями древесины был взят также образец российской сосны. Определение показателя токсичности проводили газохроматографическим и аналитическим методом. При испытании локальный источник зажигания не использовали. Влажность образцов колебалась в пределах 4-9 %. Огнестойкость определяли одним из общепринятых экспресс-методов, т.е. методом "огневая труба".

Полученные результаты и их обсуждение

Широкое применение древесных плит соответствует развитию научно-технического прогресса, но вместе тем оно обнаруживает и свою негативную сторону, состоящую в повышенной пожарной опасности сооружения. Деревянная облицовка стен неоднократно являлась причиной быстрого развития пожаров. Для древесины в нормальных атмосферных условиях скорость разложения или скорость выхода горючих летучих продуктов зависит от геометрических размеров материала и величины теплового потока, поглощенного им [1-2].

Влияние геометрического фактора обусловлено постоянной скоростью выгорания древесины, составляющей 0.4-0.8 мм/мин. Очевидно, что тонкий листовый материал, каковым является, например, твердая древесноволокнистая плита, характеризуется повышенной горючестью. В связи с этим необходимо обратить внимание и на следующее обстоятельство. Развитие современного многоэтажного градостроительства способствует большой концентрации людей и горючих материалов на малых площадях в вертикальной структуре, при этом создаются условия для быстрого развития пожаров. На судах морского флота, самолетах и железнодорожных, где проблема по ряду причин обостряется, возникновение пожаров особенно опасно [3].

Статистические данные свидетельствуют о том, что количество пожаров, ущерб и число жертв постоянно растут. Наибольшее число пострадавших приходится на пожары, связанные с возгоранием пластмасс и древесно-строительных материалов, используемых для внутренней отделки жилых помещений. Горючесть древесины и полимерных материалов становится важной научной и социальной проблемой. Причем, подавляющее большинство пожаров происходит от малокалорийных источников зажигания: из-за неисправности электроприборов или нарушения правил пользования ими, из-за незатушенных сигарет, неправильного пользования газом.

В таких условиях огнезащищенные материалы могли бы успешно противостоять зажиганию или локализовать возникший пожар. Это обстоятельство определило идею пожарной опасности сооружений, заключающуюся в том, чтобы применением огнезащитных материалов исключить саму возможность распространения пламени. Отсюда понятна важность снижения горючести отделочных древесных материалов. Воспламенение древесины может произойти как от открытого малокалорийного источника зажигания, так и от прогретых предметов или горячих газов. При повышении температуры до 125°C из древесины быстро испаряется влага; после этого она начинает разлагаться с выделением горючих летучих веществ. При температуре выше 210°C и наличии источника зажигания эти летучие вещества воспламеняются, температура повышается и процесс переходит в экзотермическую стадию горения с большим выделением тепла. Продолжение и развитие процесса горения древесины возможно только при условии, если количество тепла, отдаваемое горячей поверхностью в окружающее пространство в единицу времени); меньше, чем количество тепла, генерируемое этой поверхностью. Попытки снижения воспламеняемости и горючести древесины предпринимались многими исследователями. Для этих целей созданы огнезащитные обмазки и штукатурки, огнезащитные лаки и краски, огнезащитные пропитки. Эти составы затрудняют процесс воспламенения древесины, выполняя при этом функции декоративно-отделочных материалов. Некоторые из разработанных покрытий под действием высоких температур пожара вспучиваются, значительно увеличиваясь в объеме с образованием пористых угольных слоев, обладающих низкой газопроницаемостью и низкой теплопроводностью. Несмотря на достигнутые успехи, проблему снижения горючести древесины нельзя считать решенной, поскольку известные составы не являются атмосфероустойчивыми, их нельзя применять в условиях строительных площадок при пониженных температурах. Обладая достаточно высокой стоимостью современные средства огнезащиты древесины недолговечны [2].

При этом огромную опасность представляют процессы дымообразования и выделения токсичных газовых выбросов при горении древесины.

Выделение дыма и токсичных газов представляет большую опасность при пожаре. Опасность возникает в результате токсического и раздражающего действия продуктов сгорания, а также ухудшения видимости в задымленной среде. Ухудшение видимости затрудняет эвакуацию людей из опасной зоны, что увеличивает риск их отравления продуктами сгорания. Ситуация при пожаре осложняется ещё и тем, что дымовые газы быстро распространяются в пространстве и проникают в помещения, удалённые от очага пожара.

Нами установлено, что концентрация выделяющегося дыма и его природа зависят от структурных особенностей и химического состава горючего материала. Выявлено, что начало экзотермического разложения древесины начинается с температуры 270-280°C. При этом в процессе выделяется значительное количество тепла. Для древесины карагача теплота разложения составляет 260 ккал/кг. Этой теплоты достаточно для практического проведения процесса до конца без подогрева извне при условии исключения потерь в окружающую среду. Наименее термически стабильный компонент древесины - гемицеллюлозы. В исследованиях процесса разложения дуба при 240°C было установлено, что пентозаны полностью разрушились, в то время как целлюлоза разрушилась на одну треть. Ксилан, выделенный из древесины карагача, разлагается с потерей

массы, начиная со 160-170°C. При этих температурах протекают как эндотермические реакции частичного гидролиза, так и экзотермические процессы уплотнения макромолекул. Максимальная скорость выделения летучих продуктов зафиксирована при 240°C.

В дымовых газах, образующихся при горении древесины, обнаружено более 100 соединений – продуктов неполного сгорания, большинство из которых являются канцерогенными веществами. Выявлены соединения, которые выделяются из компонентов древесины без их изменения за счёт испарения и последующей конденсации на частицах сажи или изменёнными лишь частично в ходе повышения температуры. Некоторые продукты горения древесины используются в качестве меток для определения по дыму принадлежности исходной горящей растительной биомассы к тому или иному виду и породе. В частности, такими маркерами служат некоторые компоненты экстрагируемых из древесины веществ, продукты разложения лигнинов и лигнанов. Анализ дымовых газов в атмосфере, с одной стороны, подтверждает концепцию, что экстрактивы из разных видов и пород древесины различаются по своему химическому составу и содержанию отдельных составляющих, с другой стороны, показывает их разный вклад в процесс горения древесины.

Нами было проведено исследование дымообразующей способности 4 видов местных пород древесины в наиболее опасном, с точки зрения образования дыма, режиме тлеющего горения [4]. Испытания проводили по стандартному методу при плотности внешнего радиационного теплового потока от 10 до 35 $\text{кВт}/\text{м}^2$. Образцы древесины стеблей гуза-паи, азиатского тополя (терак) и саксаула были взяты из южных вилоятов Узбекистана. Для сравнения с южными разновидностями древесины был взят образец российской сосны. Влажность образцов колебалась в пределах 4-9 %.

На рис.1 показано влияние плотности внешнего теплового потока на дымообразующую способность разных видов древесины в режиме тления. Максимальное значение оптической плотности дыма при горении каждой из разновидностей древесины сложным образом зависит от плотности внешнего теплового потока.

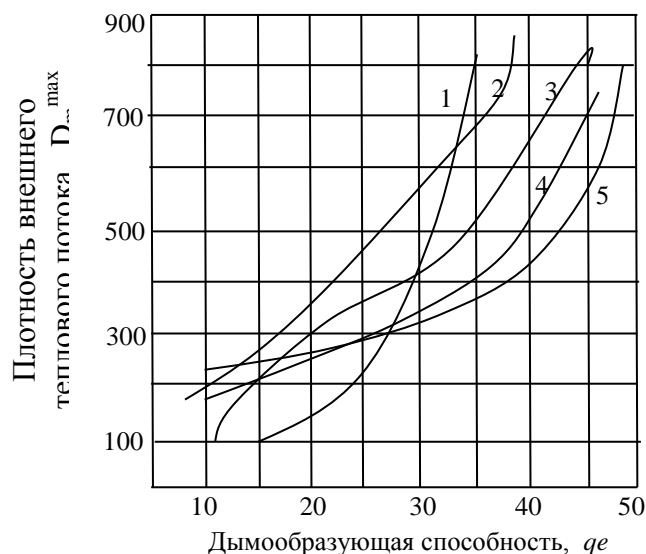


Рис.1. Влияние плотности внешнего теплового потока на дымообразующую способность разных видов древесины в режиме тления:

1 – стебли гуза-паи, 2-тополь (терак); 3 – сосна; 4 – карагач; 5 – саксаул.

Показатель D_m^{\max} сначала растет с повышением интенсивности теплового потока до $qe'' = 20-25 \text{ кВт}/\text{м}^2$, а затем уменьшается. Экстремум на кривых зависимости $D_m^{\max} = f(qe'')$ обусловлен

самовоспламенением образцов. При переходе от режима термического разложения и тления к пламенному горению древесины происходит изменение характера дыма. Основным компонентом конденсированной фазы дыма становится углеродная сажа. Положение экстремума соответствует значению критической плотности теплового потока, ниже которого пламенный процесс горения древесины без инициирующего локального источника зажигания не реализуется. Из рис. 1 следует, что лиственные породы древесины обнаруживают более низкие значения критической плотности самовоспламенения ($q_{кр.св} = 20-22 \text{ кВт/м}^2$), чем её хвойные разновидности ($\sim 25 \text{ кВт/м}^2$). Исключение составляют образцы древесины карагача и тополя, по этому показателю близкие к хвойным породам, вероятно, из-за высокого содержания экстрагируемых веществ. Образцы стеблей гуза-паи имеют самые высокие показатели дымообразующей способности на пределе тлеющего горения (от 853 до 1066 $\text{м}^2/\text{кг}$). После самовоспламенения древесных материалов происходит довольно резкое повышение коэффициента дымообразования с повышением плотности теплового потока. При $q_e = 35 \text{ кВт/м}^2$ он уменьшается в несколько раз. Однако, полученные значения D_m^{\max} (163-570 $\text{м}^2/\text{кг}$) остаются более высокими, чем фиксируемые при пламенном режиме с локальным инициирующим источником зажигания. По-видимому, этот факт связан с разницей в условиях накопления в предпламенной зоне горючих продуктов разложения древесины до их нижнего концентрационного предела и нагрева газовой фазы до соответствующей температуры.

Отсюда следует вывод, что не порода (мягкая или твёрдая) древесины является решающим фактором в образовании дыма при горении, а скорее – относительное содержание основных компонентов в её составе. Высокие показатели образования токсических веществ в газообразных выбросах горения стеблей гуза-паи, обусловлено тем, что в хлопковые поля вводятся огромное количество различных ядохимикатов, гербицидов и пестицидов, которые скапливаются в стеблях хлопчатника.

Термическое разложение материалов является определяющей стадией в процессе их горения. Как было установлено в работе [3], такие параметры, как температура разложения древесины, средняя скорость образования летучих продуктов, выход коксового остатка, жидкой и газовой фракций зависят от соотношения компонентов древесины. Так, например, температура начала разложения снижается, когда возрастает суммарное содержание гемицеллюлозы и экстрагируемых веществ по отношению к содержанию целлюлозы. Выход карбонизованного остатка растёт с увеличением содержания лигнина. По-всей вероятности, именно она существенно влияет на образование дыма из-за относительно высокого содержания в древесине разных видов. Дымовые газы, образующиеся при горении древесины, помимо сажи содержат большое количество разных токсичных веществ. Сочетание сильной задымленности и токсичности продуктов горения при возникновении пожара создаёт не только большую угрозу для людей, находящихся в зданиях, но и затрудняет проведение работ по спасению людей и тушению пожара. Предсказать, какие типы и количества токсичных продуктов будут выделяться при горении древесины, кроме стеблей хлопчатника пока очень сложно. Поэтому токсичность дымовых газов определяли опытным путём.

Выявлено, что наибольший вклад в токсичность продуктов сгорания древесины вносит именно монооксид углерода. В режиме тлеющего горения древесины тополя выход СО в 70-240 раз превышал выход СО при пламенном горении. При горении стеблей хлопчатника обнаружены некоторые особо опасные и токсичные вещества, которые носят канцерогенный характер. Нами изучено влияние вида и породы древесины на токсичность продуктов горения при действии внешнего радиационного теплового потока плотностью 10-65 кВт/м^2 , проведена оценка выхода монооксида и диоксида углерода в режиме пламенного и тлеющего горения древесины.

Определение показателя токсичности проводили газохроматографическим и аналитическим методом по ШНК 2.01.02-04.

В таблице 1, приведены некоторые характеристики термораспада и токсичности древесины разных пород. При пламенном горении токсичность продуктов горения древесины уменьшается. В режиме тления в диапазоне температуры 450-550°C токсичность продуктов горения образцов древесины самая высокая. Все разновидности древесины в этих условиях проявляют себя как высокоопасные по токсичности продукты горения, которые по стандарту ШНК 2.01.02-04 относятся к группе Г-1.

Как видно из результатов, приведенных в таблице 1, с увеличением интенсивности теплового воздействия, по токсичности продуктов горения древесина разных видов переходит в группу умеренно опасных материалов.

Таблица 1.

Некоторые характеристики термораспада образцов древесины

Показатели Первая стадия	Образцы древесины				
	сосна	Гузапая	Саксаул	Карагач	тополь
Температурный интервал интенсивного разложения, К	500-530	320-350	446-653	450-620	345-400
Выход летучих продуктов, % рад.	36,2	62,4	38,4	266,4	58,6
Максимальная скорость разложения, % град.	2,22	3,54	1,20	1,22	3,21
Кажущаяся энергия активации, Кдж/моль	102	88,9	146	154	92,4
Количество токсических веществ, %	1,2	8,6	2,1	1,2	1,8
Вторая стадия					
Температурный интервал процесса, К	570-658	370-400	653-788	480-720	390-450
Максимальная скорость процесса, % град.	0,22	0,68	0,37	0,20	0,44

По сравнению с лиственными породами, независимо от места их произрастания, стебли гуза-пай и древесина тополя образуют продукты горения с более высокой токсичностью. В то же время, по этому показателю образец карагача ближе по характеру поведения к сосновой древесине. Напрашивается вывод, что не только структурные различия разных пород древесины, их плотность, но главным образом химический состав древесины оказывает влияние на процессы, связанные с развитием горения этого материала.

Резюмируя, можно сделать следующее заключение: при выборе древесины для производство строительных конструкции необходимо учитывать показатели токсичности и дымообразующей способности дерева. Согласно полученным экспериментальным данным, породы древесины сосны, карагача и саксаула более подходят к применению при производстве строительных конструкций.

References:

1. Leonovich A.A. Gorenje drevesiny'; - M; Himiya. 1992 g. -342 s.
2. Mirkamilov T.M., Muhamedgaliev B.A. Polimerny'e antipireny'; -Tashkent;TGTU, 1996. - 278 s.
3. Jonson R.,Fenimore D. Fire and flammability woods// Jour.Amer.chem.soc. A3,2011,r.460-467.
4. Muhamedgaliev B.A., Mirzoitov M.M. Snijenie goryuchesti derevyanny'h stroitel'ny'h konstrukcii; -Tashkent;TGTU, 2013. - 180 s.

Рустамов Уктам Икрамович – ассистент кафедры «Градостроительства и хозяйства» Ташкентского архитектурно-строительного института (ТАСИ).

Хабибуллаев Амет Жандуллаевич – старший преподаватель кафедры «Экология и почвоведение», КараГУ им.Бердака.

Мухамедгалиев Бахтиёр Абдукадирович - доктор химических наук, профессор кафедры «Строительные материалы и химия» ТАСИ.