



О пожароопасности древесины при возведении мостов



Анатолий ЛУКЬЯНОВ
Anatoly M. LUKIANOV

Дмитрий КОРОЛЬЧЕНКО
Dmitry A. KOROLCHENKO



Андрей АГАПОВ
Andrey G. AGAPOV

Лукьянов Анатолий Михайлович — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Корольченко Дмитрий Александрович — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой пожарной безопасности Московского государственного строительного университета.

Агапов Андрей Геннадьевич — инженер.

Успешность строительства и эксплуатации мостов зависит от многих факторов. Один из них — пожарная защита конструкции и элементов сооружения, которая связана в том числе и с грамотным использованием строительной древесины и других горючих материалов.

Ключевые слова: пожарная защита мостов, выбор материалов, строительная древесина, качество и выгода, факторы риска, профилактика горения.

При возведении новых и ремонте существующих мостовых сооружений используются различные строительные материалы.

В соответствии со СНиП 21-01-97 все строительные материалы по горючести разделены на две группы: негорючие и горючие.

Экспериментальное определение пожарно-технических характеристик производится по стандартным методикам (таблица 1).

В отечественные стандарты с момента их принятия не вносилось никаких изменений и дополнений. Например, ГОСТ 12.1.044-89 не пересматривался в течение почти уже двадцати пяти лет. В то же время значительно углублены знания о процессах воспламенения и горения строительных материалов. В связи с этим исследователями постоянно вносятся уточнения в процедуру стандартных испытаний, которые позволяют использовать получаемые данные в качестве исходных величин для моделирования поведения строительных материалов в условиях реальных пожаров.

Наиболее опасными с пожарной точки зрения являются при строительстве железобетонные мостовые конструкции, так как

при их возведении применяются многие горючие строительные материалы: грунтовки, краски, мастики, а самое главное — древесина. Насколько опасна древесина, можно судить на примере пожара, случившимся в 2011 году на строящемся тогда мосту через бухту Золотой Рог в Приморье.

Возгорание произошло на опалубке одной из опор моста, строительство которого было приурочено к саммиту АТЭС-2012. Площадь пожара составила около 500 квадратных метров. Огонь локализовали только через 15 часов. По данным Дальневосточного регионального центра МЧС РФ, для тушения пожара привлекались 167 человек и 38 единиц техники. Специалисты присвоили пожару на этом мосту третий ранг сложности, поскольку его тушение сопровождалось сильным ветром и отягощалось спецификой бетонных конструкций и их деревянной опалубки.

Последний момент характерен. Пожароопасность деревянных элементов на стройке должна восприниматься со всей ответственностью. Используемые материалы надо не просто знать, а уметь оценивать всесторонне, в том числе и по критерию риска, технологической опасности.

Сухая древесина содержит (%) 49,5 углерода; 6,3 — водорода; 44,1 — кислорода; 0,1 — азота. Химические компоненты древесины: целлюлоза, лигнин, пектиновые и минеральные вещества, которые приведены в таблице 2.

Обладая примерно одинаковым химическим составом, различные породы древесины несколько отличаются физическими и механическими свойствами — плотностью, гигроскопичностью, теплоемкостью, твердостью, прочностью.

Нами проведены исследования основных технических характеристик древесины, используемой в мостостроении, с учетом методик и установок, предусмотренных в [1].

В качестве эталона взята сосновая древесина.

Таблица 1

Методы определения пожарно-технических характеристик строительных материалов

Пожарно-техническая характеристика	Нормативный документ на метод испытания
Горючесть	ГОСТ 30244–94
Воспламеняемость	ГОСТ 30402–96
Распространение пламени на поверхности	ГОСТ Р 51032–97
Дымообразование при горении	ГОСТ 12.1.044–89
Токсичность продуктов горения	ГОСТ 12.1.044–89

Этот выбор обусловлен следующими соображениями: древесина сосны является наиболее распространенным строительным материалом при возведении мостовых сооружений; она рекомендована в НПБ 251–98 в качестве эталонного материала при определении групп эффективности средств огнезащиты.

По основным показателям пожарной опасности сосны как строительного материала экспериментальные данные отсутствуют. Поэтому перед опытами со средствами огнезащиты были экспериментально определены показатели пожарной опасности сосновой древесины: группы горючести, воспламеняемости, распространения пламени по поверхности, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения.

Результаты опытов использованы в качестве базовых для оценки влияния огнезащитных составов на пожарную опасность древесины.

Испытания на горючесть древесины выполняли по методике, предусмотренной ГОСТ 30244–94 на модифицированной в МИСИ установке «Шахтная печь».

В экспериментах по определению группы горючести применяли образцы древесины, обработанные огнезащитными составами с расходами, рекомендованными производителями средств огнезащиты.

Таблица 2

Химический состав строительной древесины, в %

Порода древесины	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны	Проч.
Ель	52,4	28,1	10,0	9,5
Сосна	51,9	28,2	11,2	8,7
Лиственница	45,8	29,5	9,3	15,4
Береза	45,8	21,2	22,0	4,0





Таблица 3

Результаты испытаний огнезащитной древесины на установке «Шахтная печь»

Огнезащитный состав	Расход, г/м ²	T _{max} (средн.), °С	τ _{с.г} с	Δm (средн.), %	Группа горючести
Асфор	300 г/м ²	353	1810 –горение; 2700 – тление	49	Г4
Пирилакс	280 г/м ²	313	200	37	Г3
Огракс ПД-1	280 г/м ²	306	235	28	Г3
Негорин	350 г/м ²	313	565	34	Г4
Огракс ВС-К	350 г/м ²	271	115	19	Г3
СГК-1	350 г/м ²	276	150	20	Г3
ОЗК – 45 Д	350 г/м ²	375	115	52	Г3
МПВО	700 г/м ²	319	260	33	Г3

Полученные экспериментальные данные приведены в таблице 3. Они свидетельствуют о том, что обработка древесины огнезащитными составами Асфор и Негорин не влияет на группу горючести: обработанная древесина остается в группе Г4 – сильногорючих материалов.

В то же время обработка пропитками Пирилакс и Огракс ПД-1, а также покрытиями Огракс ВС-К, СГК-1, ОЗК-45 Д и МПВО переводит древесину в группу Г3 – нормальногорючих материалов [3].

Итоги испытаний показали, что для всех без исключения проверенных составов огнезащитный эффект проявляется в снижении тепловыделения (по сравнению с образцами незащищенной древесины). Для незащищенной древесины – $T_{\max} = (900–1000)^\circ\text{C}$, $\Delta m = (90–95)\%$, $\tau_{\text{с.г}} > 600$ с; образцов с огнезащитными покрытиями: – $T_{\max} = (271–376)^\circ\text{C}$, $\Delta m = (20–52)\%$, $\tau_{\text{с.г}} = (115–290)$ с.

Результаты по остаточному горению образцов, обработанных огнезащитным составом Негорин, учитывая данные по максимальной температуре дымовых газов и потере массы, можно, по-видимому, объяснить неравномерным распределением огнезащитного состава по поверхности древесины.

Обращает на себя внимание, что во всех случаях распространение пламени происходило по всей длине образцов.

С учетом особенностей проведения экспериментов, заключающихся в использовании вертикально ориентированных образцов и распространении пламени снизу вверх (по направлению конвективных тепловых потоков), можно констатировать, что обработка огнеза-

щитными составами вертикально ориентированных конструкций из древесины не обеспечивает нераспространения по ним пламени. Это обстоятельство нельзя игнорировать при проектировании систем огнезащиты в зданиях, где в момент возникновения пожара возможно присутствие людей.

Многие исследователи, разрабатывая новые составы для древесины, ограничиваются достижением 1-й группы огнезащитной эффективности по методике [2]. Результаты наших опытов со средствами огнезащиты различной химической природы свидетельствуют об отсутствии корреляции между данными, получаемыми этими методами. Поэтому относительно применения огнезащитных составов в строительстве лучше судить, опираясь на заключения по «Шахтной печи».

В работе [3] отмечено, что по критерию огнезащитной эффективности все огнезащитные составы могут быть разделены на три группы: классические средства огнезащиты; условно новые средства; средства нового поколения.

Многие давно известные водные растворы получают смешением солей аммония, содержащих в своем составе фосфор и азот. По нашему мнению, при определенных расходах они могут обеспечить группу горючести древесины Г3 и сохранность огнезащитных свойств в течение одного года.

Условно новые средства обеспечивают группу горючести древесины Г2 при наличии в поверхностных слоях древесины насыщенного слоя антипиренов. Они имеют более длительные сроки сохранения огнезащитных свойств, но обладают

Таблица 4

Результаты определения воспламеняемости древесины

Наименование	Величина критического падающего теплового потока, кВт/м ²							
	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
Древесина-сосна незащищенная	580*	220	145	90	85	70	50	45
МПВО	нв**	140	125	120	110	100	100	90
Асфор	нв	210	150	145	120	90	70	65
Огракс – В-СК	нв	нв	220	110	55	30	20	15
Негорин	нв	нв	370	60	55	50	50	45
Асфор – Экстра	нв	нв	нв	730	230	150	125	110
СГК-1	нв	нв	нв	220	120	80	60	60
Огракс-ПД-1	нв	нв	нв	450	320	240	175	125
ОЗК-45 Д	нв	нв	нв	660	300	140	85	60
Пирилакс	нв	нв	нв	780	255	200	130	80

Примечания: * Цифры в таблице показывают время (с) до воспламенения образцов. Они являются средней арифметической величиной трех измерений; образцы не воспламенялись при воздействии теплового потока в течение 900 с.

и отрицательными качествами: неприятными запахами, агрессивностью к различным материалам, входящим в состав строительных конструкций.

Средства нового поколения отличаются высокие показатели качества по огнезащите, которые соответствуют группе горючести Г1. Они совместимы с большинством атмосферостойких лакокрасочных покрытий.

Огнезащитные составы наносили кистью с соблюдением технологий, рекомендованных производителями. Полученные в опытах экспериментальные данные представлены в таблице 4 с учетом воспламеняемости образцов древесины.

Наблюдения за изменением состояния поверхности образцов в процессе их облучения внешним тепловым потоком показывают, что заметные термические превращения начинаются уже при тепловых потоках 15 кВт/м². Дальнейшее увеличение плотности потоков сопровождается более интенсивным обугливанием облучаемой поверхности, образованием трещин в поверхностном слое и воспламенением выделяющихся продуктов термического разложения.

В соответствии с классификацией строительных материалов, принятой по СНиП 21-1-07, все исследованные составы оставляют древесину-сосну в группе В3 – легковоспламеняемых материа-

лов. В [4] установлено, что огнезащитная обработка древесины повышает ее сопротивляемость воспламенению: увеличивается период до воспламенения, возрастают значения критической плотности теплового потока, необходимого для воспламенения. В момент воспламенения и после него тепловой поток, направленный на поверхность материала, представляет собой комбинацию внешнего теплового потока и теплового потока от возникшего пламени. Скорость выделения горючих летучих продуктов при горении древесины в первый период возрастает до максимального значения, определяемого интенсивностью внешнего теплового потока, а затем постепенно снижается.

Подобный характер зависимости обусловлен характером горения древесины, пиролиз которой сопровождается образованием нелетучего карбонизированного остатка.

Толщина формирующегося на поверхности горящей древесины угольного слоя по мере продвижения зоны пиролиза внутрь образца возрастает, что приводит к увеличению сопротивления переносу тепла к фронту пиролиза. Изменение расхода огнезащитных составов не приводит к существенному изменению воспламеняемости. Это подтверждает обоснованность выбора рекомендуемых норм расхода средств огнезащиты.



Незащищенная древесина воспламеняется при величине падающего теплового потока $12,5 \text{ кВт/м}^2$. Все огнезащитные составы (пропитки, лаки, краски) увеличивают предельное значение падающего теплового потока, который приводит к воспламенению древесины, обработанной огнезащитными составами.

При увеличении плотности падающего теплового потока до $15,0 \text{ кВт/м}^2$ воспламеняется древесина, обработанная составами МПВО и Асфор; при $17,5 \text{ кВт/м}^2$ — составами Негорин и Огракс-В-СК; при $20,0 \text{ кВт/м}^2$ — составами СГК, Огракс-ПД-1, ОЗК-45, Пирилакс; Асфор-Экстра.

Когда плотность падающего теплового потока достигала $20,0 \text{ кВт/м}^2$, воспламенялись все испытанные образцы древесины. Причем следует отметить, что время воспламенения огнезащищенной древесины (за исключением лака Негорин) увеличивается: от 90 с для незащищенной древесины до 780 с. При больших значениях плотности теплового потока период времени до воспламенения необработанной и защищенной древесины отличается незначительно.

Подтверждены предположения о влиянии огнезащиты на воспламеняемость древесины: эффект проявляется в более интенсивном обугливании поверхностного слоя, создающего барьер для прогрева нижележащих слоев, и снижении концентрации горючих газообразных продуктов термического разложения.

Эксперименты позволили определить реальный путь повышения эффективности огнезащитных составов — введение в их состав добавок, максимально увеличивающих степень вспучивания (терморасширения). При использовании таких освоенных промышленностью составов, как Пирилакс,

ОЗК-45 Д и Асфор, для обеспечения группы воспламеняемости В2 может быть рекомендовано увеличение нормы расхода на защищаемую поверхность.

ВЫВОДЫ

1. Для объективной оценки огнезащитной эффективности древесных составов необходимо применять методику определения групп горючести обработанной древесины.

2. При обработке древесины огнезащитными составами эффект огнезащиты проявляется в снижении тепловыделения в процессе горения, что позволяет снизить группу горючести древесины с Г4 до ГЗ.

3. В результате огнезащитной обработки наблюдаются увеличение критической плотности поверхностного теплового потока, необходимого для воспламенения, и времени до воспламенения, что влияет на условия зажигания древесины малокалорийными источниками.

4. С учетом полученных данных при возведении железобетонных мостов рекомендуется кроме деревянной опалубки использовать на некоторых участках моста опалубку металлическую, которая в случае неблагоприятного развития событий помогает воспрепятствовать распространению пожара.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г. Горючесть древесины, обработанной огнезащитными свойствами // Пожаровзрывобезопасность. — Т. 17. — 2008. — № 1.
2. СНиП 2–01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. 1997.
3. Тычино Н. А., Федосеенко И. Г., Баранов А. В. Особенности строения и огнебиозащиты археологической древесины // Пожаровзрывобезопасность. — Т. 16. — 2007. — № 1.
4. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. и др. Эффективность и механизм действия двух огнезащитных систем для древесины // Пожаровзрывобезопасность. — Т. 16—2007. — № 5.

FIRE HAZARDS OF THE TIMBER DURING BRIDGE CONSTRUCTION

Lukianov, Anatoly M. — D.Sc. (Tech), professor of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
Korolchenko, Dmitry A. — Ph. D. (Tech), associate professor, head of the department of fire safety of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).
Agapov, Andrey G. — engineer.

Successful construction and operation of bridges both depend on many factors. One of them is fire protection of bridgeworks and structures, that requires proper use of timber and other inflammable materials.

Key words: fire protection of bridges, choice of materials, building timber, quality and profit, risk factors, prevention of inflammation.

Координаты авторов (contact information). Лукьянов А. М. — (499) 9724981, Корольченко Д. А. — (495) 5853966, Агапов А. Г. — (495) 5834753.