

Д.М. Нигматуллина¹, Е.И. Стенина², Е.Ю. Полищук¹, А.Б. Сивенков¹
(¹Академия ГПС МЧС России; ²Уральский государственный
лесотехнический университет; e-mail: dinaraond81@mail.ru)

АНТИПИРИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СПОСОБОМ ГЛУБОКОЙ ПРОПИТКИ

Анализируются результаты отработки режимов и условий глубокой пропитки древесины огнезащитными составами. Показано, что при оценке качества огнезащитной обработки необходимо учитывать глубину проникновения составов в древесину.

Ключевые слова: древесина, пропитка, огнезащита, пожарная безопасность.

D.M. Nigmatullina, E.I. Stenina, E.Yu. Polishchuk, A.B. Sivenkov
**WOODEN STRUCTURES FIRE HARDENING
BY THE METHOD OF DEEP IMPREGNATION**

The analysis of the results of the testing regimes and the conditions of deep impregnation of wood with flame retardants was carried out. Showed that depth of impregnation must have been allowed for examination of quality of fire retardant treatment of wood.

Key words: wood, impregnation, fire-retardant treatment, fire safety.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 11 сентября 2016 г.

Повышение пожарной безопасности **деревянных конструкций (ДК)** является важнейшим аспектом при решении вопроса рациональности расширения их использования в строительстве. Широкое применение ДК в строительстве обусловлено тем, что древесина, обладающая уникальными физико-механическими показателями при малой плотности, является одним из наиболее экономичных и доступных конструкционных материалов. Вместе с этим, особую актуальность приобретают вопросы повышения огнезащитности ДК в свете прорабатываемой в настоящее время идеи снижения ряда нормативных требований по ограничению их применения в многоэтажном строительстве [1].

Огнезащита древесины в конструкциях может осуществляться различными способами, включая конструктивную защиту путем изоляции массивными негорючими материалами [2] или же химическими методами, предполагающими нанесение защитных покрытий на поверхность, либо введение антипиренов в структуру древесины, в том числе методами глубокой пропитки.

Здесь необходимо отметить, что применение последнего метода не получило столь широкого применения для огнезащитной обработки строительных материалов, по сравнению с биозащитой древесины. Одной из основных причин этого можно назвать развитие в последние десятилетия практики применения методов поверхностной обработки строительных материалов.

Этому способствовало развитие теории и технологии получения высокоэффективных составов комбинированного действия, работающих за счёт реализации в той или иной степени следующих механизмов огнезащитного действия:

- подавления горения в газовой фазе за счёт выделения негорючих или флегматизирующих газов;
- изменения механизма термического разложения древесины в сторону образования продуктов полного сгорания;
- теплофизической защиты за счёт образования над поверхностью материала вспученного слоя.

В немалой степени данному процессу способствовало и несовершенство нормативно-технической базы по огнезащите древесины [3]. Главным недостатком способов нанесения тонкослойных покрытий, не обеспечивающих формирования на защищаемой поверхности надежного теплоизоляционного слоя, является то, что через несколько минут огневого воздействия поверхностный слой выгорает до золы и уносится конвективным потоком. После этого происходит горение необработанного материала.

Из неконструктивных (химических) технологий огнезащиты наиболее надежным, позволяющим получить материалы с гарантированным уровнем огнезащиты и обеспечивающим возможность проведения количественной оценки качества обработки, является метод *глубокой пропитки*. При этом в качестве количественной характеристики огнезащищенности, по аналогии с биоконсервированием [4], может быть принята глубина введения в материал антипирена, которая, в отличие от показателей расхода и привеса, легко может быть определена на практике в любой момент до начала и даже во время эксплуатации конструкции. Химическая идентичность составов в этом случае может быть подтверждена применением физико-химических методов анализа (ИК-спектроскопией, методами термического анализа, хроматографией или др.).

Кроме этого нужно учитывать, что, в отличие от поверхностной обработки, орган, проводящий сертификационные испытания составов, как правило, не обладает технической возможностью полноценной самостоятельной подготовки образцов в условиях испытательной лаборатории. Поэтому образцы готовятся и представляются на испытания заявителем, с указанием расходов защитных средств. В этих условиях единственный параметр, характеризующий качество обработки, который может объективно зафиксировать эксперт, это глубина проникновения антипиренирующего состава в структуру древесины.

Необходимо отметить, что по сей день исследователи при оценке эффективности огнезащитной обработки материалов традиционно ориентируются на массовые характеристики содержания сухих веществ. Однако, ещё С.И. Таубкин показал, что древесина, глубоко пропитанная антипиренами, в отличие от поверхностно обработанной, способна оказывать повышенное сопротивление действию огня не только в стадии возгорания, но и при развившемся пожаре, благодаря снижению скорости тепловыделения более чем в 6 раз, по сравнению с незащищённой древесиной, а общего тепловыделения – более чем в 2 раза [5].

Авторами настоящей статьи при исследовании проникающей способности антипиренов различных видов были использованы три огнезащитные системы, в том числе хорошо зарекомендовавшие себя "классические" составы: на основе солей аммония и полифункциональных соединений (солевой состав); состав на основе аммонийных солей нитрилтриметиленфосфоновой кислоты – Аммафон-1, а также состав, полученный модификацией *полисахаридов растительного сырья (МПС)* [6, 7]. Характеристики составов представлены в табл. 1.

Таблица 1

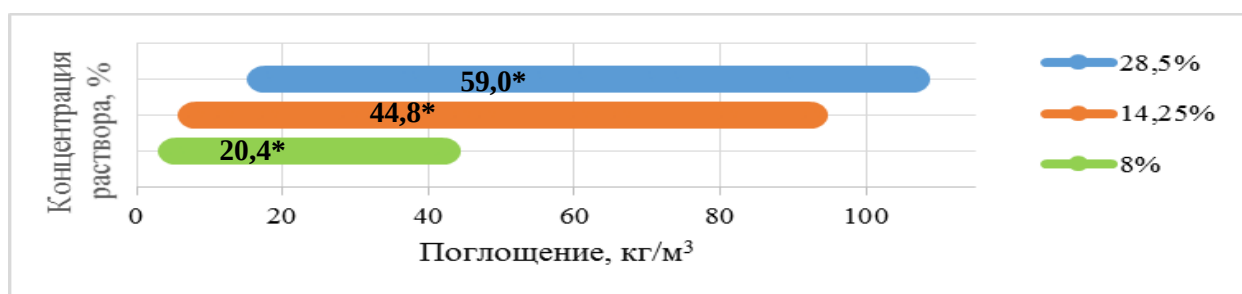
Основные характеристики используемых огнезащитных составов

Условное обозначение состава	Наименование состава	рН раствора	Вязкость раствора по ВЗ-4, с	Концентрация сухих веществ, %	Расход*, г/м ²
I	Солевой состав	4,0-4,5	11	28,5	400
II	Аммафон-1	5-6	12	45-46	400
III	МПС	9-10	59	35	300

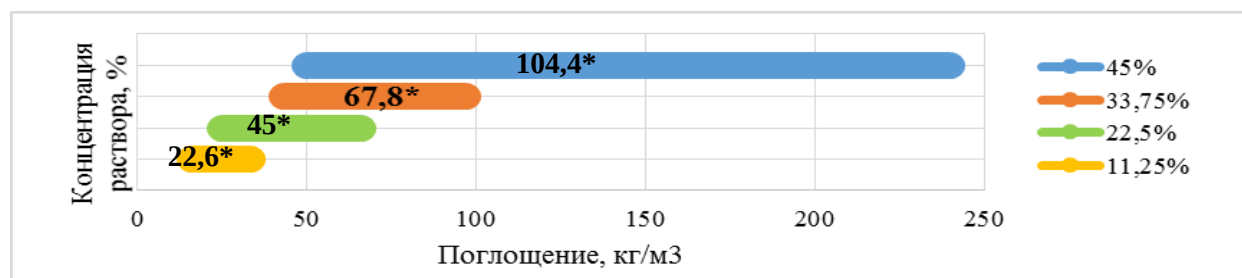
*расход необходимый для достижения первой группы огнезащитной эффективности по ГОСТ 53292-2009 при поверхностной обработке

Для экспериментов использовались образцы древесины сосны размерами 150×60×30 мм. Пропитка проводилась двумя способами: *вакуум-атмосферное давление (ВАД)*, обеспечивающим хорошее насыщение древесины антипиреном при малой глубине его проникновения, и *вакуум-давление (ВД)*, позволяющим получить большую глубину и поглощение защитного средства. Режим вакуумирования в обоих случаях включал выдержку образцов в растворе в условиях разряжения до 0,08 МПа. Избыточное давление при пропитке способом вакуум-давление составляло 0,2 МПа для низковязких составов (I и II), для состава с высокой вязкостью (III) – 0,4 МПа. Применение относительно невысокого импульсного давления позволяет исключить возникновение явления компрессии ("плача" древесины), а, значит, исключить в дальнейшем стадию осушающего вакуумирования [8].

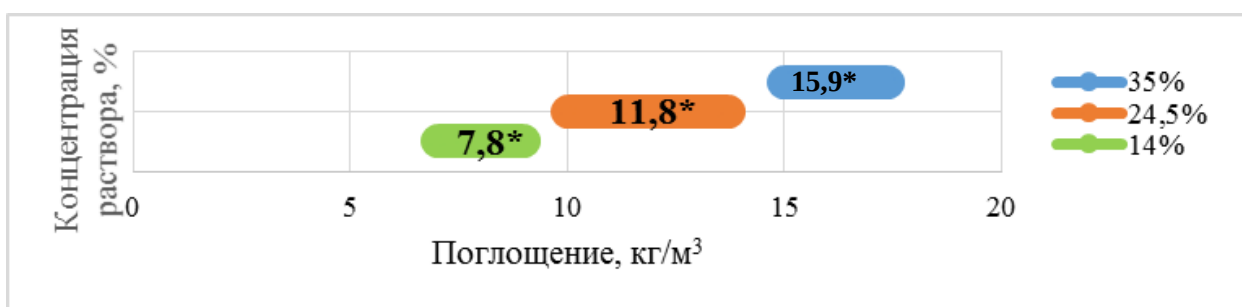
Как показывают результаты многочисленных исследований Харук Е.В., применение чрезмерно высоких давлений, как правило, не позволяет обеспечить высокого качества пропитки, а также сопряжено с избыточными технологическими расходами и формированием внутренних структурных нарушений в древесине, что ведёт к существенному ухудшению её прочностных и эксплуатационных свойств [9]. Результаты пропитки способом ВАД представлены на рис. 1.



а)



б)



в)

* – среднее поглощение, кг/м³

Рис. 1. Влияние концентрации пропитывающего раствора на величину поглощения при пропитке по методу ВАД:
а) состав I; б) состав II; в) состав III

Наилучшую проникающую способность обеспечивают состав I (рис. 1а) и состав II (рис. 1б). В зависимости от концентрации растворов и строения образца древесины поглощение составляло от 5 до 240 кг/м³. Максимальное поглощение при пропитке полисахаридами (рис. 1в) не превышало 17 кг/м³. Глубина пропитки для всех составов составила 0,5...1 мм.

Ранее [10] было установлено, что для состава "КСД-А" (марка 1) оптимальным, с точки зрения огнезащитной эффективности, является поглощение на уровне 40 кг/м³, для исследуемых составов I и II аналогичные величины поглощения достигаются при концентрации рабочих растворов 14,25 % и 22,5 % соответственно. Для состава на основе модифицированных полисахаридов искомое поглощение достигнуто не было и не превысило 17 кг/м³, что, по всей видимости, объясняется относительно высокой молекулярной массой компонентов состава.

По результатам экспериментов можно отметить более высокую стабильность поглощения при использовании модифицированных полисахаридов. При этом, снижение величины поглощения, по мере разбавления, в данном случае характеризуется линейной зависимостью (рис. 2), что можно объяснить более высокой вязкостью, а значит – низкой проникающей способностью пропиточных растворов данного состава.

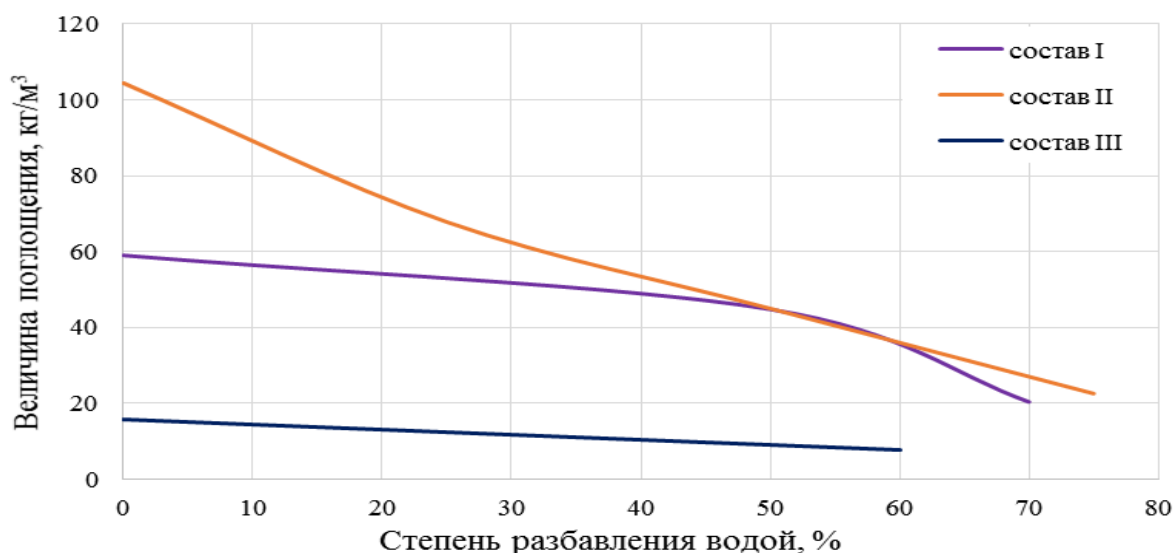


Рис. 2. Зависимость величины поглощения от степени разбавления водой товарного раствора антипирена

Для составов I и II по мере разбавления поглощающая способность изменяется нелинейно: для Аммафона-1 характерно быстрое снижение поглощающей способности при разбавлении на 30 %, в первую очередь, за счёт уменьшения вариативности величин поглощения, учитывая, что минимумы поглощений при концентрациях 45 и 33,75 % находятся примерно на одинаковом уровне.

Для состава на основе солей аммония при разбавлении водой до 50 % величина поглощения снижается незначительно.

При пропитке по методу вакуум-давление применение растворов составов I и II в концентрациях, необходимых для поглощения на уровне 40 кг/м^3 , получена глубина проникновения не менее 15 мм, что соответствует сквозной пропитке. Для интенсификации процесса пропитка проводилась совокупным воздействием импульсов глубокого разряжения и невысокого переменного гидродавления [8].

Результаты оценки огнезащитной эффективности показали, что при равных расходах при глубокой пропитке состав на основе солей аммония обладает более высокой эффективностью, чем при введении в поверхностный слой. В этом случае I группа огнезащитной эффективности достигается при поглощении 30 кг/м^3 , при пропитке по методу ВАД – при $45\text{-}50 \text{ кг/м}^3$. Для состава Аммафон-1 не было обнаружено различий в огнезащитной эффективности от глубины пропитки, в рамках стандартного двухминутного испытания, однако следует ожидать более длительного огнезащитного действия для глубоко пропитанной древесины в условиях продолжительного пожара.

Более сложной задачей оказалось введение в структуру древесины модифицированных полисахаридов (состав III). В данном случае в результате подбора рабочей концентрации и режимов удалось достигнуть глубины пропитки поперек волокон 2...3 мм. Максимального эффекта удалось достигнуть при разбавлении состава до вязкости по ВЗ-4 12...13 с., концентрация рабочего раствора при этом составила 5 %.

Анализ результатов обработки режимов и условий глубокой пропитки древесины антипиренами показывает, что для растворов низкомолекулярных соединений величина поглощения антипирена в большей степени определяется свойствами конкретного образца древесины и может варьироваться в широком диапазоне.

В производственных условиях контроль качества защитной обработки, как правило, проводится по расходу рабочего раствора. При пропитке растворами олигомерных соединений, обладающих относительно высокими молекулярными массами, показатели поглощения прогнозируются лучше, однако огнезащитная эффективность олигомерных покрытий, действие которых основано исключительно на формировании физического барьера над поверхностью защищаемого материала, ниже, чем при поверхностном нанесении.

Таким образом, можно сделать вывод, что при оценке эффективности огнезащитной обработки древесины необходимо учитывать не столько декларируемые производителем массовые характеристики процесса, такие как расход состава, удержание его на поверхности материала или поглощение древесной субстанцией, сколько глубину его проникновения в структуру древесины.

Литература

1. Хасанов И.Р. Особенности пожарной опасности зданий из деревянных конструкций / Пожаровзрывобезопасность. № 11. 2016. С. 51-60.
2. *Стенина Е.И., Левинский Ю.Б.* Защита древесины и деревянных конструкций. Екатеринбург: УГЛТУ, 2012. 219 с.
3. *Полищук Е.Ю., Сивенков А.Б., Бирюков Е.П.* Нормативные требования к огнезащите древесины и экспертная оценка её качества // Пожары и ЧС: предотвращение, ликвидация. № 2. 2016. С. 77-80.
4. *ГОСТ 20022.0-93.* Защита древесины. Параметры защищенности.
5. *Таубкин С.И.* Способы и средства огнезащиты древесины. М.-Л., 1952. 56 с.
6. <http://www.ccniton.ru/products/raznoe/ammofon-1.html>.
7. *Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. и др.* Исследование механизма термического разложения модифицированных полисахаридов // Вестник Академии ГПС МЧС России. № 6. 2003. С. 3-12.
8. *Стенина Е.И.* Технология пропитки древесины мышьяксодержащими антисептиками: автореф. дис. ...канд. тех. наук. С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С.М. Кирова, 2009. 18 с.
9. *Харук Е.В.* Проницаемость древесины газами и жидкостями: дис. ...докт. биол. наук. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-е, 1976. 190 с.
10. *Кулаков В.С., Крашенинникова Н.Н., Сивенков А.Б. и др.* Снижение пожарной опасности деревянных строительных конструкций способом глубокой пропитки древесины огнебиозащитным составом КСД-А (марка 1) // Пожаровзрывобезопасность. 2012. С. 35-42.