



УДК 674.048

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОПИТКИ ДРЕВЕСИНЫ СПОСОБОМ «ПРОГРЕВ–ХОЛОДНАЯ ВАННА» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АМИДОФOSФАТА КМ*© И.М. Озаркив¹, д-р техн. наук, проф.**Р.А. Демчина¹, канд. хим. наук, доц.**П.П. Грыджук¹, магистр**М.Ф. Федына¹, канд. хим. наук, доц.**Б.М. Перетятко², и. о. замначальника кафедры*¹Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Ген. Чупринки, д. 103, г. Львов, Украина, 79057; e-mail: igor.ozarkiv@gmail.com²Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, ул. Клепаровская д. 35, г. Львов, Украина, 79000; e-mail: bodya01@gmail.com

Антипирены, созданные на основе сконденсированных соединений карбамида и фосфорной кислоты, не обладают высокой токсичностью, довольно дешевы и нашли применение в качестве антипирена – амидофосфата КМ. Целью работы было изучение возможности использования амидофосфата КМ для пропитки древесины разных пород методом «прогрев–холодная ванна». Перед нами стояла задача разработать эффективные режимы пропитки антипиреном. Синтез амидофосфата КМ производили за счет конденсации 85-й % ортофосфорной кислоты с карбамидом в расплаве при температуре 135 °С в мольном соотношении 1 : 1. Для проведения экспериментальных исследований использовали образцы древесины мягких пород размером 40×40×250 мм. Образцы предварительно нагревали в течение 60 мин до температуры 90 °С, погружали на 40 мин в холодный раствор антипирена (температурой 25 °С). Глубину пропитки образцов амидофосфатом КМ контролировали с помощью реакции на фосфат-ион. Для проведения огневых испытаний образцы древесины готовили по ГОСТ 16363 с учетом требований ГОСТ 2140. Образцы разных пород древесины размером 10×10×150 мм выпиливали из заболонной части древесины. Огневые испытания образцов различных пород древесины, пропитанных амидофосфатом КМ, проводили согласно ГОСТ 16383 и строительных норм НПБ 251–98 с использованием метода «огневой» трубы. Установлено, что древесина, защищенная амидофосфатом КМ, переходит из группы легковоспламеняющихся материалов в группу самозатухающих, а сам амидофосфат КМ можно отнести к антипиренам II-й группы огнезащитной эффективности при использовании 17 %-го водного раствора и расходе от 40...85 кг/м³ в зависимости от породы древесины, обработанной методом «прогрев–холодная ванна». Следует отметить то, что во время огневых испытаний тления не наблюдалось. Самостоятельное горение после снятия теплового импульса продолжалось короткий промежуток времени (сосна – 32 с, дуб – 47 с). Воспламенение не обработанных антипиреном образцов наблюдалось через 15...20 с, защищенных – значительно позже

(сосна – 85 с, дуб – 52 с). Эти данные указывают на способность амидофосфата КМ снижать горение древесины. Средняя потеря массы древесины сосны составляла менее 16, дуба – менее 18 %.

Ключевые слова: пропитка древесины, антипирен, амидофосфат КМ, огнезащита, ортофосфорная кислота, синтез, конденсация.

Защита от биоогнезащиты деревянных изделий, конструкций и зданий на сегодня является одной из важных научно-практических проблем, которые требуют решения [2, 4, 6, 13]. Основные задачи в области комплексной огнезащиты древесины сводятся к повышению ее долговечности за счет образования оболочек, защищающих от влияния внешнего источника огня без изменения при этом условий эксплуатации и физико-механических свойств самой древесины.

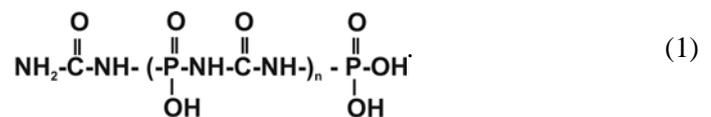
Анализ известных способов огнезащиты деревянных столярно-строительных изделий и конструкций показал, что именно химический способ огнезащиты с помощью антипиренов является наиболее надежным и перспективным. Известно [1, 2, 4–7, 10–13], что раньше использовали полихлорфенолы, сурьму- и хромсодержащие вещества для повышения био- и огнестойкости древесины. Но они наносили значительный ущерб и вред окружающей среде и человеку. На смену им пришли солевые антипирены, содержащие фосфатнокислый аммоний, буру, борную кислоту, карбонат натрия и др. Следует отметить, что они также имеют существенные недостатки: теряют свое влияние на огнезащиту со временем, вымываются водой, а также могут содержать компоненты, которые вызывают коррозию металлических конструкций, контактирующих непосредственно с древесиной. Некоторые солевые антипирены при повышении температуры (105 °С и выше) разлагаются, что усложняет процесс обработки ими древесины [7].

Новые пропиточные средства, в частности смеси солевого антипирена и полимерного антисептика ДСА-1 [3], нельзя использовать для обработки внешних древесных поверхностей из-за их способности к вымыванию, что сокращает срок их эксплуатации.

В последнее время все чаще используют антипирены на основании сконденсированных олигомеров, в частности на основе композиции фенолоспиртов и сконденсированных органосилоксанов [8, 9]. При пропитке древесины такими химическими средствами защиты в самом материале осуществляется конденсация фенолоспиртов с образованием полимерного каркаса фенолоформальдегидной смолы (ФФС) в структуре древесины. В качестве антипиренов применяют карбамидофурановые (КФуС) и карбамидо-меланиноформальдегидные (КМФС) смолы. Нужно отметить, что антипирены, созданные на основе фенолоспиртов (КФуС, КМФС), имеют достаточно большую токсичность, но их использование оправдано в условиях повышенной огнеопасности, когда стоимость изделий и их токсичность не являются первостепенными.

Антипирены на основе сконденсированных соединений карбамида и фосфорной кислоты (например, амидофосфат КМ), не обладают высокой токсичностью, довольно дешевы.

Для проведения исследований нами были выбраны антипирены с учетом их эффективности огнезащиты, стоимости и экологичности. Амидофосфат КМ является продуктом конденсации карбамида и ортофосфорной кислоты при температуре ~127 °С. Химическая формула амидофосфата КМ:

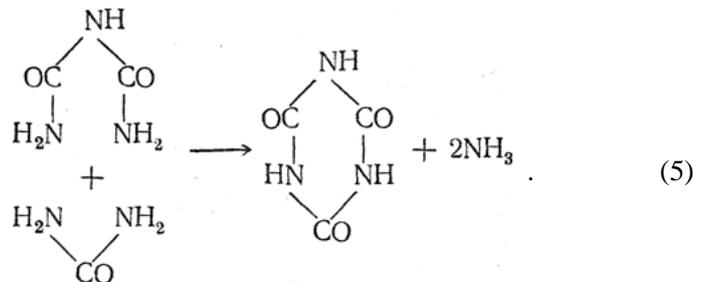


Исходные для синтеза вещества также могут быть использованы как антипирены. Карбамид при нагревании разлагается с образованием газообразного аммиака и углекислого газа, а также может претерпевать ряд эндотермических превращений, которые способствуют поглощению теплоты:



Биурет

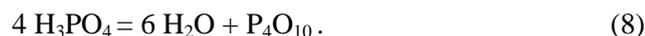
Биурет с карбамидом также конденсируется с образованием циануровой кислоты:



Все приведенные выше процессы характеризуются поглощением теплоты в достаточно широком диапазоне температур (150...200 °С). Другой компонент амидофосфатных олигомеров – ортофосфорная кислота – тоже может участвовать в эндотермических реакциях, в конечном виде он является источником пиролизной воды и инертного фосфорпентаоксида:

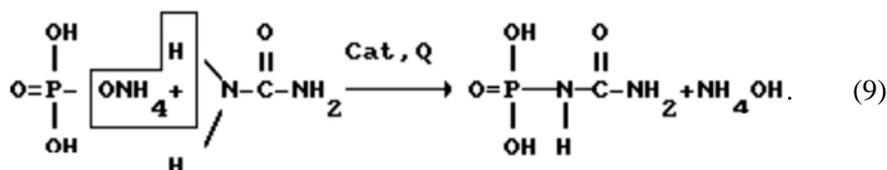


Последующее нагревание может привести к образованию три-(H₅P₃O₁₀) и тетраполифосфорной (H₆P₄O₁₃) кислот, а в результате пиролиза – к их полной дегидратации, вследствие чего образуется димер оксида фосфора (V) P₄O₁₀:

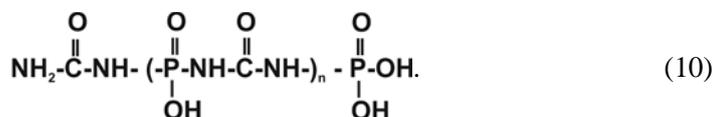


Очевидно, что перечисленные выше свойства карбамида и ортофосфорной кислоты будет сохранять и продукт их конденсации.

Карбамид конденсируется с ортофосфорной кислотой, вследствие чего образуется амидофосфат КМ. На его также можно получить при взаимодействии фосфата аммония и карбамида:



Из уравнения (9) видно, что продуктом конденсации по такой схеме является димер, однако в литературе встречаются сведения о возможном образовании олигомеров следующего строения:



Прогнозировалось, что амидофосфат КМ будет иметь преимущества по сравнению с другими солевыми антипиренами. В частности, он лучше поглощается древесиной, не содержит токсических веществ, не снижает показатели физико-механических свойств древесины, обладает большой растворимостью в воде.

Цели данной работы – исследование возможности проведения огневой защиты древесины с помощью амидофосфата КМ методом горячехолодных ванн, определение показателей пропитки древесины 17 %-ым водным раствором антипиренов, а также огнезащитных свойств древесины сосны и дуба, как объектов огнезащиты.

Синтез амидофосфата КМ проводили за счет конденсации 85 %-й ортофосфорной кислоты с карбамидом в расплаве при температуре 135 °С и мольном соотношении 1 : 1. Процесс проходил до рН до 5...6 на песчаной бане в четырехгорлой колбе, оснащенной мешалкой, термометром и обратным холодильником.

Для синтеза в реактор загружали необходимое количество карбамида и раствора фосфорной кислоты. Синтез проводили по заданному температурно-временному графику при перемешивании реакционной смеси с отбором проб.

После окончания реакции содержимое колбы охлаждали до температуры 65 °С и растворяли в воде. Следует отметить, что при таких условиях образуется продукт, имеющий наибольшую растворимость. Как показали исследования, мольное соотношение исходных веществ 1 : 1 приводит к получению продукта с наилучшими огнезащитными свойствами.

В эксперименте использовали образцы древесины мягких пород размером 40×40×250 мм. Их предварительно нагревали в течение 60 мин до температуры 90 °С и погружали на 40 мин в раствор антипирена с температурой 25 °С. Образцы взвешивали на электронных весах с точностью до 0,001 г. Объемы растворов измеряли с точностью до 1 мл.

Пропитку образцов осуществляли в емкости, изготовленной из материала, стойкого к коррозии. Образцы помещали таким образом, что они не касались друг друга, а также стенок ванны. Толщина слоя раствора над верхней плоскостью образца составляла 5...10 мм. Расход пропиточного раствора определяли взвешиванием образца до и после пропитки. Взвешивание пропитанных образцов проводили после прекращения стекания раствора с них. Остатки раствора на торцах снимали с помощью фильтровальной бумаги. У пропитанных образцов измеряли потерю массы через 1 ч, 3, 7 и 10 сут. Было установлено, что за 10 сут масса образцов при температуре 25 °С и относительной влажности воздуха до 60 % оставалась практически постоянной. Для образцов, пропитанных амидофосфатом КМ, высаливания не наблюдалось, хотя чувствовался запах аммиака, который со временем исчезал.

Глубину пропитки образцов амидофосфатом КМ (табл. 1) контролировали с помощью реакции на фосфат-ион. На поверхность образца древесины пипеткой сначала наносили раствор $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ в 30 %-й серной кислоте, потом, через 10...15 с, – раствор SnCl_2 в HCl . Окрашенные в синий или синезеленый цвет участки образцов содержат фосфат-ион, который, на наш взгляд, является продуктом кислотного гидролиза амидофосфата КМ (влияние 30 %-й H_2SO_4) или остатка PO_4^{3-} после синтеза. Нами установлено, что древесина, которая не пропитывалась амидофосфатом КМ, не давала качественной реакции на фосфат-ион.

Таблица 1

**Результаты пропитки методом «прогрев–холодная ванна»
17 %-м водным раствором амидофосфата КМ ($\rho = 1,080$ г/мл)**

Образец древесины	Масса образца, г		Объем поглощенного антипирена, мл	Глубина пропитки, мм		Расход антипирена, кг/м ³
	до пропитки	после пропитки		поперек волокон	вдоль волокон	
Липа	251,6	344,0	84	10	40	230
Ольха	288,3	350,0	56	11	35	154
Береза	240,0	305,0	59	10	35	162
Сосна	232,0	266,0	31	6	18	85
Дуб	236,0	252,0	14	4	10	40

Для проведения огневых испытаний образцы древесины были подготовлены по ГОСТ 16363 с учетом требований ГОСТ 2140. Образцы разных пород древесины размером 10×10×150 мм выпиливали из заболонной части древесины. Перед нанесением огнезащитного препарата образцы доводили до постоянной массы в термостате при температуре (45 ± 2) °С.

Обработку образцов антипиренами проводили через 30 мин после термостатирования, для предупреждения изменения массы за счет поглощения влаги до начала испытаний образцы помещали в эксикатор.

Огневые испытания образцов древесины различных пород, пропитанных амидофосфатом КМ, проводили согласно ГОСТ 16383 и строительных норм НПБ 251–98 с использованием метода «огневой» трубы.

За результат испытаний принимали среднее арифметическое трех значений, округленное до 1 %. Образцы поджигали спиртовой горелкой с высотой пламени 40...55 мм. После загорания образца горелку отодвигали и осуществляли фиксацию параметров процесса горения. Изменение температуры в огневой трубе учитывали с помощью термопар Х-А (хромель-алюмель), зафиксированных на 10 мм выше верхних торцов образцов. Результаты приведены на рис. 1, 2.

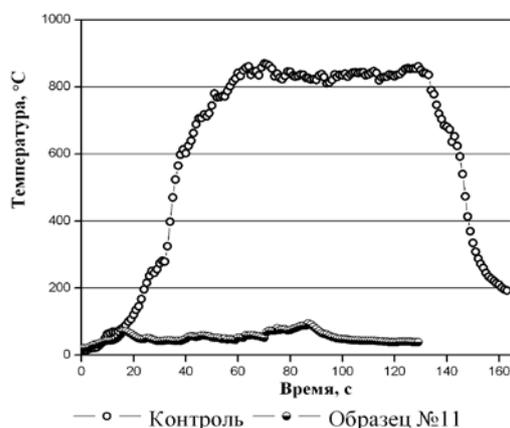


Рис. 1. Термограммы газов горения образцов древесины сосны и контрольного образца, обработанного амидофосфатом КМ

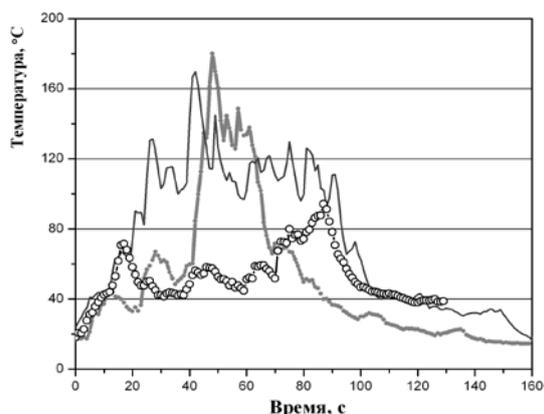


Рис. 2. Термограмма газов горения образцов древесины дуба и сосны, обработанных амидофосфатом КМ (— — дуб №11; - - дуб №4; ○ — сосна №11)

Как следует из результатов наших исследований (табл. 2, 3), древесина, защищенная амидофосфатом КМ, переходит из группы легковоспламеняющихся материалов в группу самозатухающих. Амидофосфат КМ можно отнести к антипиренам II группы огнезащитной эффективности при использовании 17 %-го водного раствора и расходе от 40 до 85 кг/м³ в зависимости от породы древесины, обработанной методом «прогрев–холодная ванна». Следует отметить то, что во время огневых испытаний тления не наблюдалось. Самостоятельное горение после снятия теплового импульса имело место только на протяжении короткого промежутка времени, что указывает на способность примененного антипирена уменьшать процесс горения древесины.

Установлено, что, средняя потеря массы древесины сосны составляла меньше 16, дуба – 18 %. Как показывают термограммы газов горения (рис. 1, 2), контрольный образец, не обработанный антипиреном, уже через 15...20 с начинал загораться, что приводило к увеличению температуры, которая уже через 1 мин достигала 800 °С, и после прекращения огневого импульса (15 с) продолжал гореть до полного сгорания (потеря массы ~ 85 %).

Таблица 2

**Результаты огневых испытаний образцов древесины сосны,
обработанных амидофосфатом КМ***

№ образца	Масса образца, г			Потеря массы, %	Время, с	
	не обработанного	до испытания	после испытания		воспламенения	самостоятельного горения
1	6,557	6,804	5,700	16,22	81	33
2	6,076	6,227	5,245	15,77	85	26
3	5,904	6,201	5,368	13,44	90	20
4	7,871	7,995	6,678	16,47	83	25
5	7,925	8,135	6,889	15,31	80	20
6	6,155	6,390	5,332	16,55	81	35
7	6,506	6,657	5,457	18,03	80	60
8	8,278	8,746	7,560	13,56	86	15
9	6,309	6,728	5,580	17,06	80	60
10	7,615	7,835	6,552	16,37	83	40
11	7,578	8,124	6,989	13,97	87	10
12	7,003	7,255	6,219	14,28	80	38
Среднее значение для 12 образцов				15,59	83	32
Контрольный образец**	7,825	7,825	1,140	85,43	15	120

* Тления образцов после их горения не наблюдалось.

**Время тления контрольных образцов 120 с.

Таблица 3

**Результаты огневых испытаний образцов древесины дуба,
обработанных амидофосфатом КМ***

№ образца	Масса образца, г			Потеря массы, %	Время, с	
	не обработанного	до испытания	после испытания		воспламенения	самостоятельного горения
1	9,345	9,981	8,248	17,36	55	35
2	9,022	9,186	6,625	27,82	50	75
3	8,897	9,055	6,981	22,90	45	80
4	10,957	11,391	9,863	13,41	45	70
5	9,830	10,182	9,040	16,25	60	30
6	8,615	8,890	7,225	18,73	55	75
7	9,801	10,064	7,891	21,59	50	25
8	11,315	11,701	10,141	13,31	60	30
9	11,266	11,669	9,723	16,67	50	25
10	9,032	9,357	7,530	19,52	55	65
11	12,026	12,477	11,490	7,91	53	25
12	10,699	11,235	9,637	14,22	50	30
Среднее значение для 12 образцов				17,47	52	47
Контрольный образец**	10,285	10,285	2,290	77,73	30	170

* Тление образцов после их горения не наблюдалось.

**Время тления контрольных образцов 110 с.

Образцы древесины, обработанные антипиреном (как следует из графиков), удерживают практически стабильную температуру на протяжении всего времени.

Как видно из рис. 2, температура газов горения пропитанных образцов древесины дуба выше, чем сосны. Это можно объяснить меньшей огнезащитностью и большей потерей массы этих образцов из-за большей горючести древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генель С.В. Старение древесины и фанеры, пропитанных антипиренами // Науч.-техн. реф. сб. «Механ. обраб. древесины». 1978. Вып. 11-12. С. 18–21.
2. Горшин С.Н. Консервирование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 336 с.
3. Жартовський В.М. Шляхи створення та використання просочувальних вогнебізахисних препаратів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери // Кінетика і каталіз. 2006. № 1. С. 176–179.
4. Иванов Ф.М., Горшин С.Н., Уэйт Дж. Биоповреждения в строительстве / Под ред. Ф.М. Иванова, С.А. Горшина. М.: Стройиздат, 1984. 320 с.

5. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний: НПБ 251–98. [Введен в действие 31.06. 1998]. М.: ВНИИПО МВД России, 1998. 5 с.
6. *Озарків І.М., Губер Ю.М., Сорока Л.Я., Копинець З.П.* Основи біовогнезахисту деревини: навч. посібник. Львів: РВВ НЛТУ України, 2007. 72 с.
7. *Озарків І.М., Перетятко Б.М.* Аналіз біовогнезахисних препаратів для дерев'яних конструкцій і споруд // Науковий вісник: зб. наук.-техн. праць. Львів: Укр ДЛТУ, 2003. Вип. 13.4. С. 278–285.
8. Пат. 2147028 РФ С 09 К 21/04, С 09 D 5/16, В 27 К 3/52, В 05 D 7/06 / Гречман А.О., Гречман Т.А. Заявл. 06.04.1999; опубл. 27.03.2000.
9. Пат. 2172242 РФ В 27 К 3/52, В 27 К 3/34, С 07 F 9/22. Огнезащитный состав КМ / Леонович А.А., Шелоумов А.В.; Заявитель и патентообладатель СПб ГЛТА. № 2000113921/04; заявл. 31.05.2000; опубл. 20.08.2001.
10. *Перетятко Б.М., Озарків І.М., Демчина Р.О., Федина М.Ф.* Дослідження показників просочення деревини з допомогою антипіренів, створених на основі карбаміду та сполук фосфору // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. Львів: НЛТУ України, 2011. Вип. 21.4. С. 169–173.
11. *Перетятко Б.М.* Особливості технологічного процесу вогнезахисту деревини // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. Львів: НЛТУ України, 2011. Вип. 21.15. С. 77–81.
12. *Попов А.Н., Угрюмов С.А.* Фурановые олигомеры в производстве композиционных материалов // Актуальные проблемы лесного комплекса: сб. науч. тр. Брянск: БГИТА, 2008. Вып. 21. С. 260–261.
13. *Серговський П.С.* Гидротермическая обработка и консервирование древесины. М.: Лесн. пром-сть, 1987. 360 с.

Поступила 23.11.14

УДК 674.048

Improvement of Technology of Wood Impregnation by Heat-Cold Bath with Amidophosphate KM as a Flame Retardant

I.M. Ozarkiv¹, Doctor of Engineering, Professor

R.A. Demchina¹, Candidate of Chemistry, Associate Professor

P.P. Grydzhuk¹, Master

M.F. Fedyna¹, Candidate of Chemistry, Associate Professor

B.M. Peretyatko², Acting Deputy Head of Chair

¹National Forest University of Ukraine, General Chuprynka st., 103, Lvov, 79057, Ukraine; e-mail: igor.ozarkiv@gmail.com

²Lvov State University of Emergency Management, Kleparovskaya st., 35, Lvov, 79000, Ukraine; e-mail: bodya01@gmail.com

Flame retardants created as a result of condensed compounds of urea and phosphoric acid are not toxic, pretty cheap and used as a flame retardant – amidophosphate KM. The mission of the investigation was to study the possibility of using the amidophosphate KM for the impregnation of different kinds of wood by the so-called “heat–cold bath”. The task was to develop the effective modes of impregnation by the antypirene. The synthesis of the ami-

dophosphate KM was performed by condensing of 85 % ortho-phosphoric acid and urea in the melt at 135 °C at molecular ratio as 1: 1. The 40×40×250 mm sized samples of softwood were used for the experimental work. The preheated samples for 60 min at 90 °C were placed in a cold flame retarder solution for 40 min at 25 °C. In order to reveal the depth of impregnation by the amidophosphate KM the phosphate ion reaction was used. For the test of materials for fire-resistance the softwood samples were prepared according to the State Standard 16363 with the specifications of the State Standard 2140. The samples of different kinds of wood sized of 10×10×150 mm were sawed out from the sap-wood. The tests of different kinds of wood impregnated with the amidophosphate KM for fire-resistance were conducted according to the State Standard 16383 and the building regulation NPB 251–98 by the flame tube method. The results of the investigation reveal that impregnated wood with the amidophosphate KM can be traced from the group of flammable materials to the group of self-extinguishing materials; the amidophosphate KM is accepted as a flame retarder of the second group of fire rating when using of 17 % water solution and 40...85 kg per m³ of wood depending on its kind, treated by the “heat–cold bath”. It should be noted, that during the tests of materials for fire-resistance a smoldering process was not observed. Self-combustion after the heat impulse removal took place for a short period of time (32 s for pine wood and 47 s for oak wood). The inflammation of the samples not treated with a flame retarder was observed in 15...20 s, of the impregnated samples – in 85 s of pine wood and in 52 s of oak wood. These data indicate the ability of the applied flame retarder to reduce the processes of wood burning. The average weight lost of pine wood was less than of 16 % and less than of 18 % for oak wood.

Keywords: wood impregnation, flame retarder, amidophosphate KM, flame retardance, ortho-phosphoric acid, synthesis, condensation.

REFERENCES

1. Genel' S. V. Starenie drevesiny i fanery, propitannykh antipirenamy [Aging of Wood and Plywood Impregnated by Flame Retardants]. *Nauch.-techn. sb. ref. "Meh. obrab. drevesiny"* [Scientific and Technical Abstracts Collection "Mechanical Wood Processing"], 1978, no. 11–12, pp. 18–21.
2. Gorshin S.N. *Konservirovanie drevesiny* [Wood Preservation]. Moscow, 1977. 336 p.
3. Zhartovskiy V.M. Shljahy stvorennja ta vykorystannja prosochuval'nyh vognеbi-ozahysnyh preparativ DSA-1, DSA-2 dlja derevyny i fanery [Creation and Use of Impregnating Biological Flame Retardants DSA–1 DSA–2 for Wood and Plywood]. *Kinetika i kataliz* [Kinetics and Catalysis], 2006, no. 1, pp. 176–179.
4. Ivanov F.M., Gorshin S.N., Weit G. et al. *Biopovrezhdeniya v stroitel'stve* [Bio-deterioration in Construction]. Moscow, 1984. 320 p.
5. *NPB 251–98. Ognезashchitnye sostavy i veshchestva dlya drevesiny i materialov na ee osnove. Obshchie trebovaniya. Metody ispytaniy* [Fire Regulations 251–98. Fire Retardant Compositions and Substances for Wood. General Requirements. Test Methods]. Moscow, 1998. 5 p.
6. Ozarkiv I.M. Guber Yu.M., Soroka L.Ya., Kopinets' Z.P. *Osnovy biovognезahystu derevyny* [Basics of Biological Flame Retardants of Wood]. Ukraine, Lvov, 2007. 72 p.

7. Ozarkiv I.M., Peretyatko B.M. Analiz biovognezahysnyh preparativ dlja der-ev'janyh konstrukcij i sporud [Analysis of Biological Flame Retardants for Wooden Constructions and Buildings]. *Naukoviy visnik NLTU* [Scientific Bulletin of NLTU]. Ukraine, Lvov, 2003, no. 13.4, pp. 278–285.
8. Grechman A.O., Grechman T.A. *Ognebiozashchitnyy propitochnyy sostav* [Biological Flame Retardant Impregnating Compound]. Patent RF, no. 2147028, 2000.
9. Leonovich A.A., Sheloumov A.V. *Sposob polucheniya antipirena* [Method of Flame Retardants Producing]. Patent RF, no. 2172242, 2001.
10. Peretyatko B.M., Ozarkiv I.M., Demchina R.O., Fedina M.F. Doslidzhennja pokaznykiv prosochennja derevyny z dopomogoju antypireniv, stvorenyh na osnovi karbamidu ta spoluk fosforu [Study of Wood Impregnation Using the Flame Retardants Based on Carbamide and Phosphorous Compounds]. *Naukoviy visnik NLTU* [Scientific Bulletin of NLTU]. Ukraine, Lvov, 2011, no. 21.4, pp. 169–173.
11. Peretyatko B.M. Osoblyvosti tehnologichnogo procesu vognezahystu derevyny [Process Features of Wood Fire Protection]. *Naukoviy visnik NLTU* [Scientific Bulletin of NLTU]. Ukraine, Lvov, 2011, no. 21.15, pp. 77–81.
12. Popov A.N., Ugryumov S.A. Furanovye oligomery v proizvodstve kompozitsionnykh materialov [Furan Oligomers in the Production of Composite Materials]. *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa: sb. nauch. tr.* [Actual Problems of the Forest Complex]. Bryansk, 2008, no. 21, pp. 260–261.
13. Sergovs'kiy P.S. *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny* [Hydrothermal Treatment and Preservation of Wood]. Moscow, 1987. 360 p.

Received on November 23, 2014

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2015.5.154
