

**Artsybasheva Olga Vladimirovna** – Academy of State Fire Service Emergency Russia (Moscow); e-mail: alekseyenkova.olga@yandex.ru; 5, B. Galushkina, Moscow, 129311, Russia; phone: +79629402824; the department of fire safety in construction; postgraduate student.

**Aseeva Roza Mixajlovna** – e-mail: rm-aseeva@yandex.ru; phone: +74956172626; the department of fire safety in construction; dr. of chem. sc.; professor.

**Sivenkov Andrei Borisovich** – e-mail: sivenkov01@mail.ru;

phone: +74956172626; deputy chief of teaching and research complex issues of fire safety in construction; cand. of eng. sc.; associate professor.

**Serkov Boris Borisovich** – e-mail: serkov@antip.ru; phone: +74956172728; head of teaching and research complex issues of fire safety in construction; dr. of eng. sc.; professor.

УДК 66.002.387

**В.М. Балакин, А.М. Селезнев, В.В. Белов**

**ВЛИЯНИЕ АМИДОФОРМАЛЬДЕГИДГЛИОКСАЛЬСОДЕРЖАЩЕГО  
ОЛИГОМЕРА НА ОГНЕЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА ВСПЕНИВАЮЩИХСЯ  
ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СТИРОЛАКРИЛОВОЙ ДИСПЕРСИИ**

*Работа посвящена изучению влияния амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера на огнезащитные свойства вспенивающихся покрытий на основе стиролакриловой дисперсии Акратам AS 04.1. Оценка свойств проводилась на образцах древесины сосны в установках типа «Огневая труба» и «ОТМ» – для определения показателя потери массы; на металлических цилиндрах в пламени газовой горелки – для определения теплоизоляционной эффективности и на металлических пластинах в муфельной печи – для определения коэффициента вспенивания. В результате работы установлено, что добавление амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера значительно увеличивает огнезащитные характеристики вспенивающихся покрытий.*

*Огнезащитная эффективность; потеря массы; термоизоляционная эффективность; коэффициент вспенивания.*

**V.M. Balakin, A.M. Seleznev, V.V. Belov**

**(THE INFLUENCE OF THE OLIGOMER CONTAINS  
AMIDOFORMALDEHYDEGLIOXAL ON FIREPROOF CHARACTERISTICS  
FOAMING COVERS ON BASIS OF STIROLACRILIC DISPERSION)**

*The article is dedicated to researching effect of amidoformaldehydeglioxal oligomer on fireproof covers' characteristics on basis of stirolacrylic dispersion Akratam AS 04.1. Evaluation of characteristics was made on pine wood samples in installation type "Fire pipe" and "FPM" – for determination mass loss index on metal rolls in a fire of gas-burner – for determination fireproof efficiency and on metal plate in muffle furnace – for determination foaming coefficient. In consequence of the work establish that adding of amidoformaldehydeglioxal oligomer significant increase fireproof characteristics of foaming covers.*

*Fireproof rating; weight loss; thermoisolation effect; foaming factor.*

Ранее на кафедре «Технологии переработки пластических масс» ФГБОУ ВПО «УГЛТУ» были проведены работы по синтезу амидоальдегидных олигомеров для получения малотоксичных древесностружечных плит [1], и по получению огнезащитных составов и вспенивающихся покрытий [2–3]. Однако применение амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера в качестве компонента ОЗВП и его влияние на огнезащитные свойства рассматривается впервые.

В данной работе изучено влияние амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера (АФГО) на огнезащитные свойства вспенивающихся покрытий на основе стиролакриловой дисперсии Акратам AS 04.1.

Олигомер был синтезирован [1] при мольных соотношениях глиоксаль (Г):карбамид (К):формальдегид (Ф) – 0,1:1,0:1,0.

Синтезированный олигомер имеет следующие характеристики, определенные по классическим методикам [4]: сухой остаток 67,80 %; время желатинизации, при 100 °С, 150,00 с; массовая доля свободного формальдегида 0,11 %; содержание метилольных групп 18,64 %.

На основе АФГО были получены огнезащитные вспенивающиеся покрытия, которые были получены в лабораторной установке, имитирующей принцип работы «Бисерной мельницы» (четырёхлопастная мешалка со стеклянным бисером). После добавления каждого последующего компонента перемешивание велось в течение 15 мин. После окончания приготовления огнезащитного вспенивающегося покрытия из него удаляют бисер через сито и переливают в стеклянную тару для дальнейших испытаний.

Покрытия содержат: акриловую дисперсию Акратам AS 04.1 и/или амидоформальдегидглиоксальсодержащий олигомер, полифосфат аммония, каолин, пентаэритрит и воду. ОЗВП I не содержит АФГО и является контрольным образцом. В последующих покрытиях частично заменяли дисперсию плёнкообразователя на АФГО, вплоть до полного замещения последним. Соотношения Акратам AS 04.1:АФГО представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Состав пленкообразующих ОЗВП (в м. частях)**

ОЗВП	Стиролакриловая дисперсия Акратам AS 04.1	Амидоформальдегидглиоксальсодержащий олигомер (АФГО)
I	1,00	0,00
II	0,75	0,25
III	0,5	0,5
IV	0,25	0,75
V	0,00	1,00

С полученными ОЗВП были проведены испытания по определению первичной огнезащитной эффективности в лабораторной установке типа «Огневая труба», на образцах древесины сосны (100×35×5 мм), представленной на рис. 1.

Покрытия наносили кистью на 8 образцов древесины с различным расходом состава от 1 до 4 слоев. После нанесения каждого слоя образец высушивался при комнатных условиях в течение не менее 6 часов, до степени «на отлип». Затем, подготовленные образцы подвергались термическому воздействию пламени спиртовой горелки в течение 2 мин. Потерю массы ( $\Delta m$ , %) образца древесины при горении вычисляли по формуле 1

$$\Delta m = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – потеря массы, %;  $m_1$  – масса образца древесины до сжигания, г;  $m_2$  – масса образца древесины после сжигания, г.

Характер горения образцов следующий: в первые несколько секунд воздействие пламени на древесину визуально не проявлялось. Но, по мере прогрева, пламя охватывало образец, и на нем образовывался вспененный карбонизированный слой. В результате испытаний были получены графические зависимости потери массы образцов древесины сосны от расхода ОЗВП, которые представлены на рис. 2.

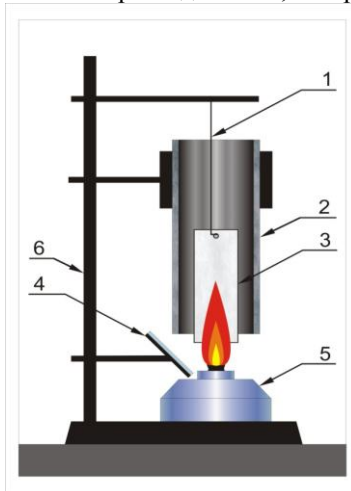


Рис. 1. Схема лабораторной установки типа «Огневая труба»: 1 – металлический крючок для крепления образца; 2 – металлическая или керамическая труба; 3 – образец древесины сосны; 4 – зеркало; 5 – спиртовка; 6 – штатив

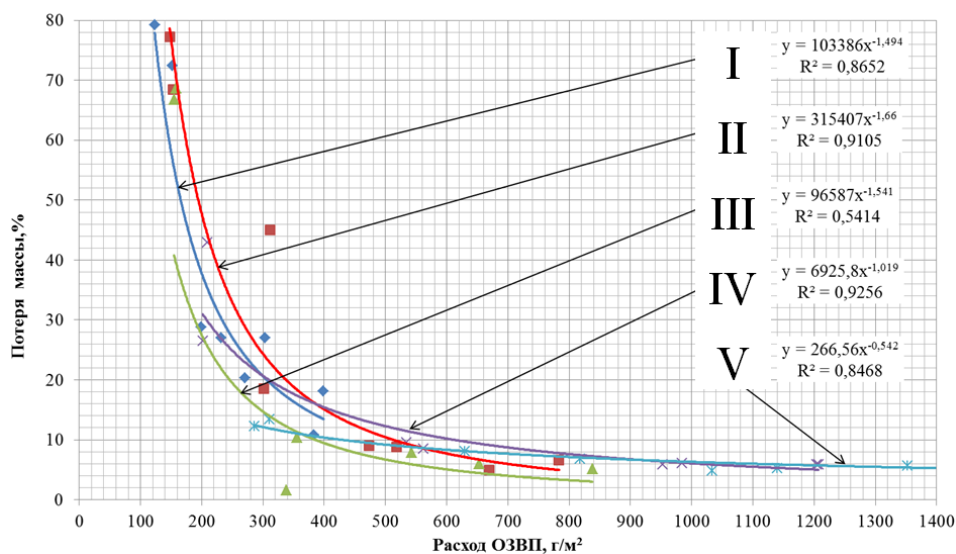


Рис. 2. Зависимость потери массы образцов древесины ( $100 \times 35 \times 5$  мм) от расхода ОЗВП

В результате испытаний ОЗВП III на основе стиролакриловой дисперсии и АФГО (соотношение 0,5:0,5) установлено, что при расходе  $200 \text{ г/м}^2$  потеря массы образцов древесины составила 27 %, в то время как для ОЗВП I, на основе только дисперсии Акратам AS 4.01, потеря массы составила 38 %.

Кроме того, были проведены испытания по определению показателя потери массы в лабораторной установке типа «ОТМ» (рис. 3).

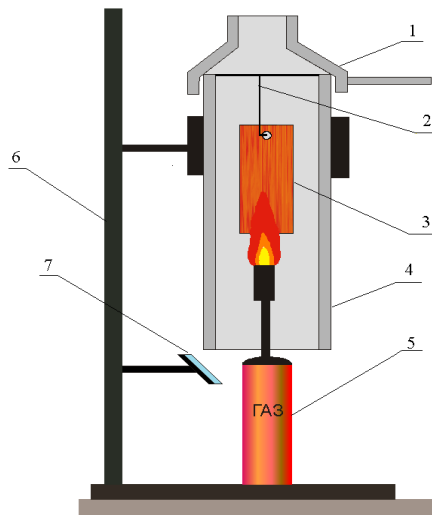


Рис. 3. Схема лабораторной установки для огневых испытаний типа «ОТМ»: 1 – зонт; 2 – металлический крючок для крепления образца; 3 – образец древесины сосны; 4 – керамический короб; 5 – газовая горелка; 6 – штатив; 7 – зеркало

Отличие от выше указанного метода заключается в том, что используются образцы древесины сосны размерами 150×60×30 мм и применяется газовая горелка вместо спиртовой. В остальном же методика определения аналогична. Расчет потери массы вели по формуле 1. Результаты испытаний представлены на рис. 4. По данным испытаний следует, что все ОЗВП, полученные с добавлением амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера, показали более высокие результаты. Потеря массы образцов древесины сосны при расходе покрытия в 300 г/м<sup>2</sup> составила для: ОЗВП I (на основе только дисперсии) – 5,8 %; для ОЗВП II-V (с добавлением АФГО) – от 1,6 до 2,4 %.

Так же проводились испытания на металлических цилиндрах ( $d \approx 25$  мм), в пламени газовой горелки, в течение 10 мин, для определения теплоизоляционной эффективности покрытий. Схема лабораторной установки показана на рис. 5. Цилиндры предварительно покрывали ОЗВП.

Данные о толщине покрытия и температуре нагрева представлены в табл. 4. По данным, полученным в ходе эксперимента, построены графические зависимости изменения температуры внутри металлического цилиндра от времени нагрева (рис. 6).

Были определены коэффициенты вспенивания на металлических пластинах (150×75×1,5 мм), покрытых ОЗВП, после выдержки в муфельной печи. Испытания проводили при температуре 600 °С в течение 5 мин. Коэффициент вспенивания определяли отношением высоты вспененного слоя к толщине ОЗВП до испытания (см. табл. 3).

Таблица 4

Результаты испытаний ОЗВП на металлических цилиндрах

ОЗВП	Толщина покрытия, мм	Температура цилиндра через 10 мин испытания, °С
Контрольный образец (без покрытия)	0	637
I	2,05	308
II	1,82	237
III	2,54	225
IV	2,32	226
V	2,11	174

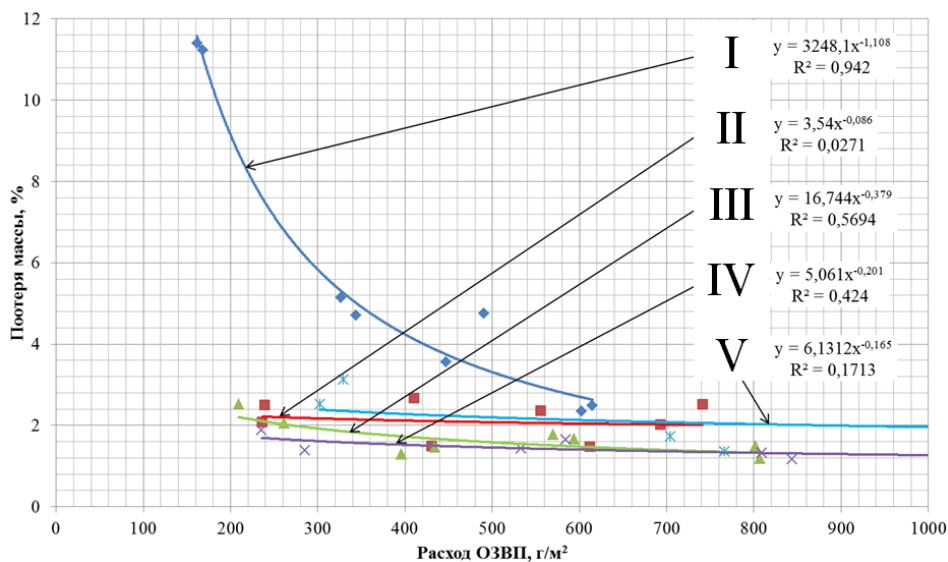


Рис. 4. Зависимость потери массы образцов древесины (150×60×30 мм) от расхода ОЗВП



Рис. 5. Установка для оценки теплоизолирующих свойств ОЗВП

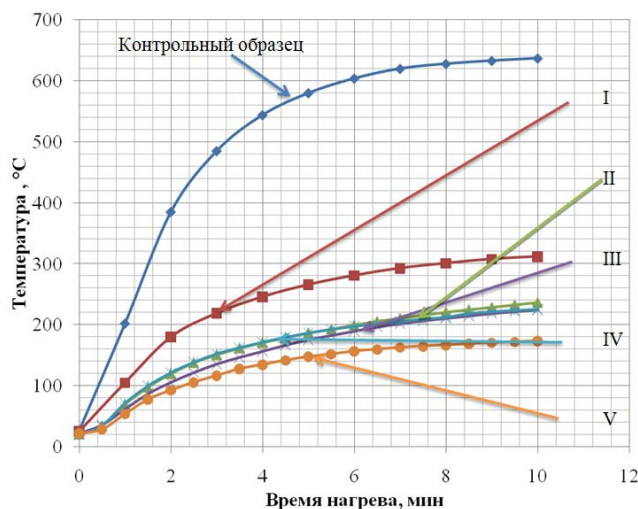


Рис. 6. Зависимость изменения температуры цилиндра от времени воздействия пламени

Таблица 5

**Результаты определения коэффициента вспенивания**

ОЗВП	Размеры металлической пластины, мм			Толщина ОЗВП, мм	Высота вспененного слоя, мм	Коэффициент вспенивания
	длина	ширина	толщина			
I	150	73	0,85	1, 58	11,17	7,07
II	150	71	0,98	1,61	10	6,2
III	149	71	0,75	1,67	11,33	6,81
IV	150	69	1,01	1,92	12	6,25
V	151	74	0,98	2,03	22,50	11,10

Таким образом, в результате проделанной работы изучено влияние количества амидоформальдегидглиоксальсодержащего олигомера на огнезащитные свойства ОЗВП, полученные на основе стиролакриловой дисперсии Акратам AS 04.1. В результате установлено, что введение олигомера взамен дисперсии увеличивает огнезащитные свойства покрытий. Потеря массы образцов древесины сосны в установке типа «ОТМ» составила: 1,6–2,4 % для покрытий с АФГО, 5,8 % – для покрытия на основе только стиролакриловой дисперсии (ОЗВП I).

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Заварнищина Ю.В. Карбамидоглиоксальформальдегидные олигомеры для получения малотоксичных древесностружечных плит: дис. ... канд. техн. наук. – Екатеринбург: УГЛТА, 2000. – 124 с.
2. Балакин В.М., Полищук Е.Ю., Рукавишников А.В., Селезнев А.М. Огнезащитные составы и покрытия на основе аминоальдегидных олигомеров (литературный обзор) // Пожаровзрывобезопасность: научно-технический журнал. – 2010. – № 4. – С. 22-27.
3. Балакин В.М., Селезнев А.М., Белоногов К.В. Первичная оценка огнезащитных свойств вспучивающихся покрытий на основе различных водных дисперсий // Пожаровзрывобезопасность: научно-технический журнал. – 2010. – № 6. – С. 14-18.
4. Доронин Ю.Г., Мирошниченко С.Н., Свиткина М.М. Синтетические смолы в деревообработке. – М.: Лесная промышленность, 1897. – С. 53-66.

Статью рекомендовала к опубликованию к.т.н., доцент С.Н. Пазникова.

**Балакин Вячеслав Михайлович** – ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»; e-mail: balakin\_v.m@mail.ru; г. Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 35; тел.: 89222099191, 83433571457; к.х.н., доцент; профессор кафедры технологии переработки пластмасс.

**Селезнев Андрей Михайлович** – e-mail: seleznev\_a.m@mail.ru; тел.: +79506400926; кафедра технологии переработки пластмасс; аспирант.

**Balakin Vyacheslav Mixajlovich** – "Ural State Forestry University"; e-mail: balakin\_v.m@mail.ru; 35, Siberian Route street, Ekaterinburg, Russia; phone +79222099191, +73433571457; cand. of chem. sc.; associate professor; professor of plastic processing technology.

**Белов Владимир Владимирович** – Уральский институт ГПС МЧС России; e-mail: kursbel@mail.ru; г. Екатеринбург, ул. Мира, 22; тел.: +79530091153; курсант.

**Seleznev Andrew Michailovich** – e-mail: seleznev\_a.m@mail.ru; phone: +79506400926; the department of technology plastics materials processing; post-graduate student.

**Belov Vladimir Vladimirovich** – Ural Institute SFS EMERCOM of Russia; e-mail: kursbel@mail.ru; 22, Mira street, Yekaterinburg, Russia; phone: +79530091153; cadet.

УДК 699.81; 536.46

**В.Г. Крупкин, Г.Н. Мохин, Н.А. Халтуринский**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ  
ОГНЕЗАЩИТНЫМИ ВСПУЧИВАЮЩИМИСЯ СОСТАВАМИ  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПОЖАРА**

*Под воздействием пожара активные огнезащитные вспучивающиеся составы образуют многослойные каркасы на поверхности защищаемых изделий. В работе развивается модель, описывающая образование многослойной структуры в случае распространения фронта разложения в пульсирующем режиме. Предполагается, что такие режимы возникают вследствие наличия экзотермической стадии в суммарно-эндотермических реакциях разложения. При достижении критической температуры тонкий слой исходного состава быстро вспучивается и карбонизируется с образованием защитного слоя, на один-два порядка превышающего исходный по толщине. Таким образом, происходит послойное разложение состава, обеспечивающее хорошую огнезащиту. Рассчитано время, в течение которого огнезащитный состав изолирует изделие от воздействия пожара при заданном законе роста температуры пожара.*

*Огнезащитные вспучивающиеся составы; пульсирующий режим; многослойные структуры; пожаробезопасность.*

**V.G. Krupkin, G.N. Mokhin, N.A. Khalturinsky**

**MODELING OF THE FORMATION OF MULTILAYERED STRUCTURE BY  
FIRE-RETARDANT INTUMESCENT COATINGS UNDER THE INFLUENCE  
OF A FIRE**

*Active fire-retardant intumescent coatings form multilayered structures on protected surfaces under the influence of fire. A model is developed that describes the formation of multilayered structures in pulsed modes of propagation of the decomposition front. It is assumed that these modes occur due to an exothermal stage in the net endothermal reactions of decomposition. Upon reaching a critical surface temperature a thin reactive layer is rapidly transformed into char layer 1-2 orders of the magnitude thicker than the original one. Thus the coating decomposes layer by layer and ensures excellent protection under fire. The time of fire-retardant action of the intumescent coating is calculated.*

*Fire-retardant intumescent coatings; pulsed mode; multilayered structures; fire safety.*