

УДК 614.842

Е. А. Пинчевская, А. Ю. Цапко

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
ОГНЕЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ ДРЕВЕСИНЫ**

Оптимизирован состав органической составляющей органоминеральной композиции огнезащитного покрытия древесины. Результаты показали, что при добавлении к основе ПВА-дисперсии полифосфата аммония, пентаэритрита и меламина в количестве 41% органоминеральная композиция характеризуется наибольшим коэффициентом вспучивания – более 20 и вязкостью по сравнению с композициями, содержащими основу в количестве 14 и 18%. Определено, что введение минеральных наполнителей в состав органоминеральной композиции в количестве 10% способствует повышению коэффициента вспучивания до 36,7. Введение в состав органоминеральной композиции TiO_2 значительно повышает термическую устойчивость образованного пенококса.

Ключевые слова: древесина, покрытия, вспучивание, наполнители, оптимизация, устойчивость, огнезащита.

Ye. A. Pinchevskaya, A. Yu. Tsapko

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

**OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF AN ORGANIC CONSTITUENT
OF FIRE RETARDANT WOOD COVERING**

Receipt of an organic constituent of organic and mineral composition of wood fire retardant covering was optimized. The results showed that in case of addition of ammonium poly phosphate, pentaerythritol and melamine in the amount of 41% to poly vinyl acetate dispersion organic and mineral composition is characterized by the largest intumescence ratio exceeding 20 as well as higher viscosity compared with the compositions containing basic component in the amount of 14 and 18%. It was revealed that introduction of some mineral fillers to the receipt of the organic and mineral composition in the amount of 10% promotes rising intumescence ratio up to 36.7. Introduction of TiO_2 to the receipt of the organic and mineral composition raises significantly thermal stability of the foam coke formed.

Key words: wood, coverings, intumescence, fillers, optimization, stability, fire retardant treatment.

Введение. Огнезащита древесины и изделий из нее путем нанесения на поверхность лаков, красок и эмалей является одним из профилактических средств горения [1]. Такая древесина в зависимости от эффективности покрытия и его толщины может классифицироваться как трудновоспламеняемая или трудногорючая. Более эффективными огнезащитными покрытиями являются вспучивающиеся покрытия, которые образуют барьер для теплопроводности [2, 3].

Защитные свойства покрытия определяются следующими параметрами: физико-химическими свойствами самого покрытия и прочностью сцепления (адгезией) с поверхностью защищаемого материала. Как правило, покрытие состоит из связующего и наполнителей, в результате чего его физико-химические свойства зависят от индивидуальных свойств и соотношения компонентов, входящих в состав [4, 5]. Решающее влияние на общие свойства покрытия оказывает взаимодействие связующего и наполнителей, поэтому правильный подбор

компонентов покрытия является важной задачей при разработке его рецептуры.

Особенность огнезащиты строительных конструкций заключается в создании на поверхности элементов конструкций теплоизолирующих экранов, выдерживающих высокие температуры и непосредственное действие огня, наличие которых позволяет замедлить прогревание материала и сохранить конструкции свои функции при пожаре в течение заданного периода времени, а также переводит древесину в разряд трудногорючих материалов [6, 7].

Простейшие высокотемпературные и огнезащитные средства на основе неорганических вяжущих материалов содержат в своем составе связанную воду, которая при нагревании испаряется и блокирует перенос тепла к защищаемой поверхности, где в качестве связки используют натриевое жидкое стекло, портландцемент, глиноземистый цемент, фосфатные и алюмосиликатные вяжущие [8–11]. Однако такие покрытия являются недолговечными и неэффективными, а также не обеспечивают достаточной адгезионной прочности, поскольку

имеют большой температурный коэффициент линейного расширения.

За последние годы из предложенного направления исследований известны работы, направленные на синтез покрытий с использованием органических лаков, тугоплавких оксидов и силикатов, которые в процессе нагревания образуют термо- и жаростойкие керамические фазы [12]. Наиболее распространены эмалевые и стеклокристаллические покрытия [13], однако они не могут обеспечить надежной защиты конструкций в условиях температур свыше 1000°C, поскольку при более высоких температурах эксплуатации происходит разрушение органической составляющей, а нанесенное покрытие становится пористым, что значительно ухудшает его эксплуатационные свойства [14, 15].

Поэтому недостаточная определенность огнезащиты при воздействии высокой температуры и компонентов, входящих в их состав, и их роль в обеспечении огнестойкости, обуславливают необходимость проведения исследований в направлении выбора оптимальных составов композиции покрытия. Значение такого подбора заключается не только в обеспечении эффективных огнезащитных свойств покрытия в условиях эксплуатации, но должно соответство-

вать ряду дополнительных требований, к числу которых относится и вспучивание.

Основная часть. Учитывая вышеприведенный механизм действия, при помощи трехфакторного симплекс-центрального метода планирования эксперимента в математическом комплексе Statistica 12 проведена оптимизация органической составляющей огнезащитной органо-минеральной композиции при расходе основного связующего агента – ПВА-дисперсии в количестве 14, 16 и 18 мас.%.
В качестве факторов варьирования были выбраны: количество полифосфата аммония ПФА, %, (фактор X_1); количество пентаэритрита, П, % (фактор X_2); количество меламина М, %, (фактор X_3), изменение которых приведено в табл. 1.

В качестве исходящего параметра был взят коэффициент вспучивания, значение которого фиксировали на образцах, термообработанных при температуре 500°C.

Матрица планирования эксперимента и ее математическая реализация представлены в табл. 2.

В результате моделирования получены уравнения регрессии и построены торийальные поверхности изменений исходящего параметра в зависимости от изменений факторов варьирования (рис. 1).

Таблица 1

Факторы варьирования

Факторы, вид		Уровни варьирования		Интервал варирования
натуральный	кодированный	нижний 0	верхний 1	
ПФА, %	X_1	15	20	5
П, %	X_2	8	14	6
М, %	X_3	10	16	6

Примечание. ПФА – полифосфат аммония, $(\text{NH}_4)_m(\text{HPO}_4)_m$; П – пентаэритрит, 2,2-бис(гидроксиметил)пропан-1,3-диол, $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_4$; М – меламин, (1, 3, 5-триазин-2, 4, 6-триамин), $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6$.

Таблица 2

Матрица эксперимента и ее математическая реализация

Точки плана	Матрица плана в кодированных величинах			Матрица плана в натуральных величинах			Исходящий параметр		
	X_1	X_2	X_3	ПФА, %	П, %	М, %	$K_{\text{сп}}$	$K_{\text{сп}}$	$K_{\text{сп}}$
1	0,00	1,00	0,00	15	14	10	10,3	15,6	14,3
2	0,33	0,33	0,33	16,7	10	12	18,6	24,1	20,1
3	1,00	0,00	0,00	20	8	10	27,6	26,8	22,3
4	0,50	0,50	0,00	17,5	11	10	18,2	17,6	16,8
5	0,00	0,00	1,00	15	8	16	14,6	16,3	15,4
6	0,50	0,00	0,50	17,5	8	13	21,8	23,2	22,7
7	0,00	0,50	0,50	15	11	13	24,8	27,3	25,1
Содержание ПВА-дисперсии, %							14	16	18

Уравнения регрессии:

– при условии расхода ПВА-дисперсии в количестве 14%:

$$K_{\text{сп}} = 22,3 \cdot 1 + 12,3 \cdot 2 + 18,4 \cdot 3 - 2 \cdot 1 \cdot 2 - 4,6 \cdot 1 \cdot 3 + 25 \cdot 2 \cdot 3 + 10,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 + 0;$$

– при расходе ПВА-дисперсии в количестве 16%:

$$K_{\text{сп}} = 26,8 \cdot 1 + 15,6 \cdot 2 + 16,3 \cdot 3 - 14,4 \cdot 1 \cdot 2 + 6,6 \cdot 1 \cdot 3 + 45,4 \cdot 2 \cdot 3 + 9,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 + 0;$$

– при расходе ПВА-дисперсии в количестве 18%:

$$K_{\text{сп}} = 22,3 \cdot 1 + 14,3 \cdot 2 + 15,4 \cdot 3 - 6 \cdot 1 \cdot 2 + 15,4 \cdot 1 \cdot 3 + 418 \cdot 2 \cdot 3 - 76,5 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 + 0.$$

Анализ уравнений регрессии свидетельствует о том, что варьированные факторы являются значимыми и взаимосвязанными. Наиболее весомо на коэффициент вспучивания при расходе ПВА-дисперсии в количестве 14% влияет совместное действие факторов X_2X_3 и $X_1X_2X_3$; при расходе ПВА-дисперсии в количестве 16% – совместное действие факторов X_1X_3 , X_2X_3 и $X_1X_2X_2$; при расходе ПВА-дисперсии в количестве 18% – совместное действие факторов $X_1 X_3$ и $X_2 X_3$.

Характер изменения изолиний коэффициента вспучивания на торидальных поверхностях органической составляющей органоминеральной композиции идентичен, разница только в числовых показателях, значения которых напрямую зависят от вариации концентраций составляющих органоминеральной композиции (рис. 1).

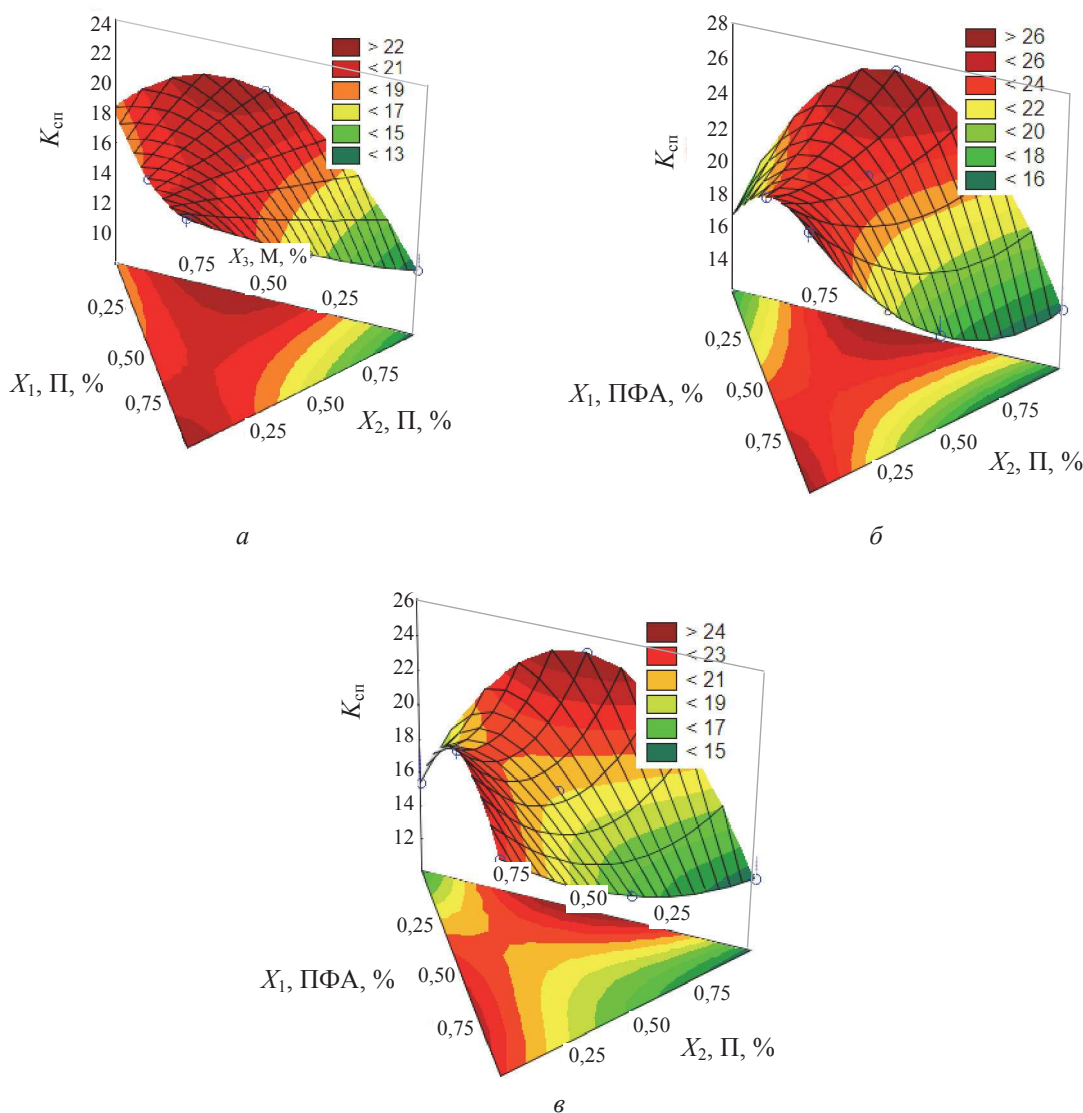


Рис. 1. Торидальные поверхности изменения коэффициента вспучивания $K_{\text{сп}}$ органической составляющей огнезащитной органоминеральной композиции после термообработки при температуре 500°C при расходе ПВА-дисперсии в количестве, %:
а – 14; б – 16; в – 18

Так, при расходе ПВА-дисперсии в количестве 14% наблюдается увеличение коэффициента вспучивания от 13 до 22 раз при одновременном увеличении в составе композиции полифосфата аммония от 17,5 до 20% и меламина от 11,5 до 15,8% (факторы X_1 и X_3) и уменьшении количества пентаэритрита от 9,5 до 8% (фактор X_2) (рис. 1, а).

При расходе ПВА-дисперсии в количестве 16% (рис. 1, б) фиксируется самый высокий показатель коэффициента вспучивания, который характерен для композиции состава: полифосфат аммония в количестве 20%; пентаэритрит в количестве 8% и меламин в количестве 10%. Характер изменения изолиний на торальной поверхности аналогичен предыдущему. Так, увеличение коэффициента вспучивания от 15,6 до 26,8 раз происходит при одновременном увеличении в составе полифосфата аммония от 17,5 до 20% (фактор X_1) и меламина от 10,5 до 15,5% (фактор X_2) при уменьшении пентаэритрита от 11,5 до 8% (фактор X_3).

При расходе ПВА-дисперсии в количестве 18% (рис. 1, в) значение коэффициента вспучивания значительно меньше, чем в предыдущем случае – 25,1 и характерно для композиции состава: полифосфат аммония в количестве 15%; пентаэритрит в количестве 11% и меламин в количестве 13%. Характер изменения изолиний на торальной поверхности аналогичен предыдущему. Так, увеличение коэффициента вспучивания от 14,3 до 25,1 происходит при одновременном увеличении в составе полифосфата аммония от 16,5 до 20% (фактор X_1) и меламина от 10,5 до 15,5% (фактор X_2) при уменьшении пентаэритрита от 11,5 до 8% (фактор X_3).

Учитывая полученные данные, для дальнейших исследований выбрана огнезащитная композиция со следующим составом: ПВА-дисперсия 16%, полифосфат аммония 18%, пентаэритрит 10%, меламин 13%, остальное – вода. Данный

состав огнезащитной композиции характеризуется самым большим значением коэффициента вспучивания – 26,8. Для увеличения значений данного показателя целесообразно использовать гидратосодержащие соединения.

С учетом вышеуказанного, оптимизацию состава органоминеральной композиции выполняли с помощью одно- и трехфакторного симплекс-центрального метода планирования эксперимента. В качестве исходящего параметра рассматривали величину коэффициента вспучивания в зависимости от концентрации ввода гидратов алюминия и магния, а также диоксида титана и талька (рис. 2).

Как видно из данных рис. 2, величина коэффициента вспучивания возрастает при увеличении концентрации наполнителей $Al(OH)_3$, $Mg(OH)_2$ и $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)$ от 0 до 10%. Экстремальные значения коэффициента вспучивания зафиксированы при концентрации наполнителей в 10%, превышение этого значения приводит к падению коэффициента вспучивания и увеличению вязкости композиции. По воздействию на показатель коэффициента вспучивания добавки-наполнители ранжируем в следующей последовательности: $Al(OH)_3 > Mg(OH)_2 > Mg_3[Si_4O_{10}](OH)$.

Ввод в состав органоминеральной композиции диоксида титана в диапазоне концентраций от 3 до 5% увеличивает показатель вспучивания, при других – приводит к его уменьшению. Для установления оптимального количества введения диоксида титана и определения его синергетичности с другими добавками была проведена оптимизация состава огнезащитной композиции. В качестве факторов варьирования выбраны: количество диоксида титана TiO_2 % (фактор X_1); количество гидроксида алюминия $Al(OH)_3$, % (фактор X_2); количество талька $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)$, % (фактор X_3), изменение которых приведено в табл. 3.

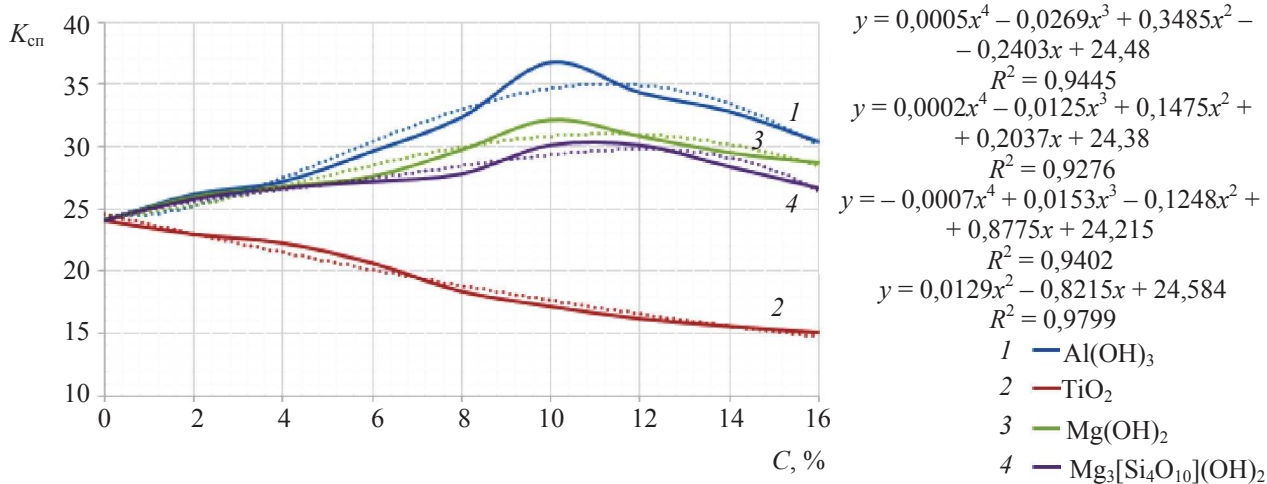


Рис 2. Зависимость коэффициента вспучивания органоминеральной композиции от концентрации наполнителей

Таблица 3

Факторы варьирования

Факторы, вид		Уровни варьирования		Интервал варьирования
натуральный	кодированный	нижний 0	верхний 1	
TiO ₂ , %	X ₁	0	10	5
Al(OH) ₃ , %	X ₂	0	10	5
Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂ , %	X ₃	0	10	5

Таблица 4

Матрица эксперимента и ее математическая реализация

Точки плана	Матрица плана в кодированных величинах			Матрица плана в натуральных величинах			Исходящий параметр K _{сп}
	X ₁	X ₂	X ₃	TiO ₂ , %	Al(OH) ₃ , %	Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂ , %	
1	0,00	1,00	0,00	0	10	0	36,7
2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	44,6
3	1,00	0,00	0,00	10	0	0	17,2
4	0,50	0,50	0,00	5	5	0	47,0
5	0,00	0,00	1,00	0	0	10	30,1
6	0,50	0,00	0,50	5	0	5	42,0
7	0,00	0,50	0,50	0	5	5	43,4

В качестве исходного параметра был выбран коэффициент вспучивания, значение которого фиксировали на образцах, термообработанных при температуре 500°С. Матрица планирования эксперимента и ее математическая реализация приведены в табл. 4.

В результате моделирования получены уравнения регрессии и построены торийные поверхности изменения исходящего параметра в зависимости от изменений факторов варьирования (рис. 3).

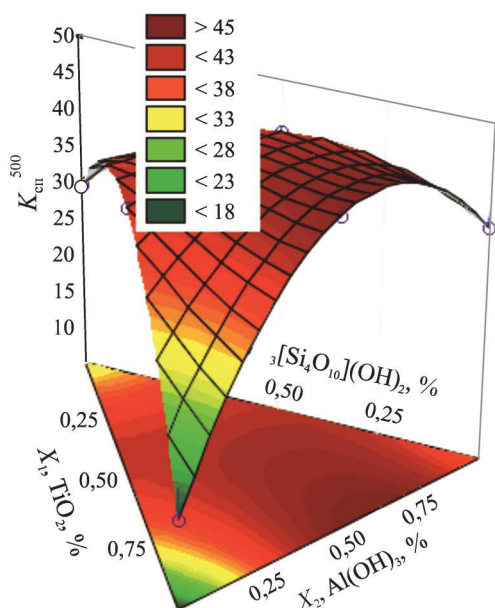


Рис. 3. Торийная поверхность изменения коэффициента вспучивания K_{сп} органоминеральной композиции после термообработки при температуре 500°С

Уравнение регрессии:

$$K_{сп} = 17,2 \cdot 1 + 36,7 \cdot 2 + 30,1 \cdot 3 + 80,2 \cdot 1 \cdot 2 + 73,4 \cdot 1 \cdot 3 + 40 \cdot 2 \cdot 3 - 132,6 \cdot 1 \cdot 2 \cdot 3 + 0.$$

Анализ уравнения регрессии свидетельствует о том, что варьлируемые факторы значимы и взаимосвязаны, наиболее весомо влияет на коэффициент вспучивания совместное действие факторов X₁X₂, X₂X₃ и X₁X₂X₃.

Из данных моделирования (табл. 4 и рис. 3) следует, что повышение величины коэффициента вспучивания от 28 до 47 раз происходит при одновременном увеличении концентраций наполнителей: по оси X₁ от 1,75 до 8% (диоксид титана); по оси X₂ от 2 до 10% (гидроксид алюминия); по оси X₃ от 0 до 9% (тальк). На торийной поверхности зафиксирована область максимальных значений коэффициента вспучивания: K_{сп}¹ = 447, характерный для композиции, которая содержит по 5% TiO₂ и Al(OH)₃; K_{сп}² = 42, характерный для композиции, которая содержит по 5% TiO₂ и Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂ и K_{сп}³ = 44,6, характерный для композиции, которая содержит по 3,33% TiO₂, Al(OH)₃ и Mg₃[Si₄O₁₀](OH)₂.

На основе проведенной оптимизации по критерию максимального коэффициента вспучивания выбраны составы органоминеральных огнезащитных композиций для исследования реологических характеристик, огневых характеристик и процессов структурообразования (табл. 5).

Таблица 5

Составы органоминеральных огнезащитных композиций

№ п/п	Состав	Количество и тип добавки, %	Величина коэффициента вспучивания
1	Базовый: ПВА-дисперсия-16% ПФА – 18 % П – 10 % М – 13 % Вода – остальное	–	26,8
2	Базовый +	10% Al(OH) ₃	36,7
3	Базовый +	10% TiO ₂	17,2
4	Базовый +	10% Mg(OH) ₂	32,1
5	Базовый +	10% Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂	30,1
6	Базовый +	5% TiO ₂ + 5% Al(OH) ₃	47,0
7	Базовый +	5% TiO ₂ + 5% Mg ₃ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₂	42,0

Выводы. На основании проведенных исследований оптимизирован состав органической составляющей органоминеральной композиции.

Установлено, что при добавлении к основанию (16% ПВА-дисперсии) полифосфата аммония в количестве 18%, пентаэретрита в количестве 10% и меламин в количестве 13% органоминеральная композиция характеризуется наибольшим коэффициентом вспучивания ($K_{сп} > 20$), вязкостью в 90 с по сравнению с композициями, содержащими основу в количестве 14 и 18%.

Определено, что введение минеральных наполнителей в состав органоминеральной композиции в количестве 10% способствует повышению коэффициента вспучивания от 30 до 36,7, что в 1,50–1,84 раза больше значения коэффициента вспучивания органоминеральной композиции оптимального состава без наполнителей. Введение в состав органоминеральной композиции до 10% TiO₂ способствует уменьшению коэффициента с ранее приведенными добавками и в 1,16 раз – по сравнению с композицией без наполнителей, но значительно повышает термическую устойчивость образованного пенококса.

Литература

1. Собурь С. В. Огнезащита материалов и конструкций: справочник. М.: Спецтехника, 2003. 240 с.
2. Жартовский В. М., Цапко Ю. В. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. К.: ДП «Друкарня МВС України», 2006. 248 с.
3. Балакин В. М., Селезнев А. М., Белов В. В. Сравнительная оценка огнезащитных свойств вспенивающихся покрытий на основе фосфата аммония и водорастворимых аммониевых солей аминотилефосфоновых кислот // Пожаровзрывобезопасность. 2014. Т. 23. № 11. С. 34–41.
4. Стахов В. Л., Геращенко А. М. Огнезащита строительных конструкций: современные средства и методы оптимального проектирования // Строительные материалы. 2002, № 6. С. 2–6.
5. Ненахов С. А., Пимонова В. П., Пименов А. Л. Проблемы огнезащитной отряси // Пожаровзрывобезопасность. 2010. Т. 12. № 12. С. 19–26.
6. Цапко Ю. В. Эффективные модификаторы для строительных конструкций из древесины // Вестник гражданских инженеров. 2013. № 6 (41). С. 113–117.
7. Research of fire-retardant properties of timber constructions, protected geocement-based coating, after their operation / A. Kravchenko, [et al.] // Advanced Materials Research. 2015. Vol. 1122. P. 7–10.
8. Беликов А.С. Применение жидкостекольных композиций в качестве огнетушащих покрытий // Вопросы химии и технологии. 2000. № 1. С. 21–28.
9. Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Т. Ю. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающих композиций на основе эпоксидных смол // Пожаровзрывобезопасность. 2012. Т. 21. № 7. С. 52–56.
10. Гивлюд М. М., Башинський О. І., Вовк С. Я. Температуростійкі силікатні захисні покриття для металів та сплавів на основі наповненого поліметилфенілсилоксану // Збірник наукових праць Львівського державного університету БЖД. 2011. № 18. С. 40–45.

11. Артеменко В. В. Экспериментальні дослідження вогнезахисних покриттів металевих конструкцій на основі наповнених поліалюмосилоксанів // Збірник наукових праць ЛДУ БЖД Пожежна безпека. 2014. № 25. С. 6–11.

12. Тимофеева С. В., Малясова А. С., Хелевина О. Г. Материалы пониженной пожарной опасности с покрытием на основе жидких силоксановых каучуков, отвержденных методом полиприсоединения // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 9. С. 22–25.

13. Анцупов Е. В., Родивилов С. М. Антипирены для пористых материалов // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 5. С. 25–32.

14. Гравит М. В. Исследование влияния различных факторов на коэффициент вспучивания органорастворимых огнезащитных покрытий // Лакокрасочные материалы и их применение. 2013. № 6. С. 12–16.

15. Ненахов С. А., Пименова В. П. Динамика вспенивания огнезащитных покрытий на основе органонеорганических составов // Пожаровзрывобезопасность. 2011. Т. 20. № 8. С. 17–24.

References

1. Sobur S. V. *Ognezashchita materialov i konstruktsiy* [Fire protection of materials and structures]. Moscow, Spetstekhnika Publ., 2003. 240 p.

2. Zhartovski V. M., Tsapko Yu. V. *Profilaktika gorinnya tselyulozovmisnikh materialiv. Teoriya ta praktika* [Prevention of cellulosic materials combustion. Theory and practice]. Kiev, DP "Drukarnya MVS Ukrainy" Publ., 2006. 248 p.

3. Balakin V. M., Seleznev A. M., Belov V. V. Comparative evaluation of the flame retardant properties of foaming patches based on ammonium phosphate and water-soluble ammonium salts of aminomethylenephosphonic acids. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2014, vol. 23, no. 11, pp. 34–41 (In Russian).

4. Stakhov V. L., Gerashchenko A. M. Fire protection of building constructions: modern ways and methods of optimal engineering. *Stroitel'nyye materialy* [Building materials], 2002, no. 6, pp. 2–6 (In Russian).

5. Nenakhov S. A., Pimonova V. P., Pimenov A. L. Problems of the fire-protection industry. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2010, vol. 12, no. 12, pp. 19–26 (In Russian).

6. Tsapko Y. V. Effective modifiers for wooden building structures. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Herald of civil engineers], 2013, no. 6 (41), pp. 113–117 (In Russian).

7. Kravchenko A., Guzii S., Tsapko Y., Petranek V. Research of fire-retardant properties of timber constructions, protected geocement-based coating, after their operation. *Advanced Materials Research*, 2015, vol. 1122, pp. 7–10.

8. Belikov A. S. Application of liquid-glass compositions as fire-extinguishing coatings. *Voprosy khimii i tekhnologii* [Problems of chemistry and technology], 2000, no. 1, pp. 21–28 (In Russian).

9. Yeremin T. Y., Gravit M. V., Dmitrieva T. Y. Features and principles of recipes construction of fire retardant swelling compositions based on epoxy resins. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2012, vol. 21, no. 7, pp. 52–56 (In Russian).

10. Gyvlyud M. M., Bashinsky O. I., Vovkh S. Ya. Temperature resistant silicate protective coatings for metals and alloys based on filled polymethylphenylsiloxane. *Zbirnik naukovikh prats L'viv's'kogo derzhavnogo universititu DZhd* [Collection of scientific works of Lviv State University of Life Safety], 2011, no. 18, pp. 40–45.

11. Artemenko V. V. Experimental studies of fireproof coatings of metal structures on the basis of filled polyaluminosiloxanes. *Zbirnik naukovikh prats LDU BZhd Pozhezhna bezpeka* [Collection of scientific works of Lviv State University of Life Safety, Fire safety], 2014, no. 25, pp. 6–11.

12. Timofeyeva S. V., Malyasova A. S., Helevina O. G. Materials of low fire hazard with a coating based on liquid siloxane rubber, cured by polyaddition. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2011, vol. 20, no. 9, pp. 22–25 (In Russian).

13. Antsupov E. V., Rodivilov S. M. Fire retardants for porous materials. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2011, vol. 20, no. 5, pp. 25–32 (In Russian).

14. Gravit M. V. A study of the effect of various factors on the swelling coefficient of organosoluble fire retardant coatings. *Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye* [Paintwork materials and their application], 2013, no. 6, pp. 12–16 (In Russian).

15. Nenakhov S. A., Pimenova V. P. Dynamics of foaming of fire-retardant coatings on the basis of organo-inorganic compositions. *Pozharovzryvobezopasnost'* [Fire and explosion safety], 2011, vol. 20, no. 8, pp. 17–24 (In Russian).

Информация об авторах

Пинчевская Елена Алексеевна – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой технологий и дизайна изделий из древесины. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (03041, г. Киев, пер. Сельскохозяйственный, 17, Украина). E-mail: olenapinchevska@nubip.edu.ua

Цапко Алексей Юрьевич – аспирант кафедры технологий и дизайна изделий из древесины. Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (03041, г. Киев, пер. Сельскохозяйственный, 17, Украина). E-mail: aleks_workingmail@ukr.net

Information about the authors

Pinchevskaya Elena Alekseevna – DSc (Engineering), Professor, Head of the Department of Technology and Design of Wood Products. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (17, lane Sel'skokhozyaystvennyy, 03041, Kiev, Ukraina). E-mail: olenapinchevska@nubip.edu.ua

Tsapko Alexey Yur'yevich – PhD student, the Department of Technology and Design of Wood Products. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (17, lane Sel'skokhozyaystvennyy, 03041, Kiev, Ukraina). E-mail: aleks_workingmail@ukr.net

Поступила 11.10.2018