

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 157–161.  
*Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 157–161.*

Научная статья  
УДК 678

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИФОСФАТА АММОНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ФЕНОЛЬНОЙ ПЕНЫ**

**Илья Владимирович Тычинкин<sup>1</sup>, Олег Федорович Шишлов<sup>2</sup>,  
Виктор Владимирович Глухих<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1, 2, 3</sup> Ilya.ty4inkin@yandex.ru

**Аннотация.** Статья содержит сведения об исследовании влияния антипирена полифосфата аммония (APP – 201) на огнестойкость лигнинсодержащей фенольной пены.

Проведены испытания на огнестойкость фенольной пены с введением в нее 1% антипирена, а также без него. Отмечено, что фенольная пена карбонизируется в процессе горения, выделяет небольшое количество дыма, а введение 1 % антипирена повышает огнестойкость готового материала.

**Ключевые слова:** фенолформальдегидные смолы, полифосфат аммония, лигнин, фенольная пена, огнестойкость

**Для цитирования:** Тычинкин И. В., Шишлов О. Ф., Глухих В. В. Влияние полифосфата аммония на огнестойкость лигнинсодержащей фенольной пены // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2022. С. 157–161.

Original article

## **EFFECT OF AMMONIUM POLYPHOSPHATE ON THE FIRE RESISTANCE OF LIGNIN-CONTAINING PHENOLIC FOAM**

**Ilya V. Tychinkin<sup>1</sup>, Oleg F. Shishlov<sup>2</sup>, Viktor V Glukhikh<sup>3</sup>**

<sup>1, 2, 3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1, 2, 3</sup> Ilya.ty4inkin@yandex.ru

**Abstract.** The article contains information about the study of the effect of ammonium polyphosphate flame retardant (APP – 201) on the fire resistance of lignin-containing phenolic foam. Fire resistance tests of phenolic foam were

carried out with the introduction of 1 % flame retardant into it, as well as without it. It is noted that phenolic foam carbonizes during combustion, emits a small amount of smoke, and the introduction of 1 % flame retardant increases the fire resistance of the finished material.

**Keywords:** phenol-formaldehyde resins, ammonium polyphosphate, lignin, phenolic foam, fire resistance

**For citation:** Tychinkin I. V., Shishlov O. F., Glukhikh V. V. Effect of ammonium polyphosphate on the fire resistance of lignin-containing phenolic foam // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2022. P. 157–161.

В настоящее время растет спрос на производство полимерных вспененных материалов из-за их обширного спектра применения в таких областях, как тепло- и звукоизоляция, упаковка, фильтрующие системы, конструктивные и бытовые элементы [1]. Имея ряд преимуществ, таких как легкий вес, низкая плотность, теплопроводность и горючесть по сравнению с плотными твердыми материалами, вспененные материалы обеспечивают экономию энергии при транспортировке и монтаже, а также простоту обращения с ними [2].

Фенольные пены – теплоизоляционный материал, который образуется при отверждении и одновременном вспенивании резольной смолы под действием отвердителя в присутствии пенообразователя [3]. Фенольные пены трудногорючие, самозатухающие, стойкие к проникновению пламени, дымо- и каплеупорные во время пожаров, легкие, химически стойкие и термостойкие вспененные материалы. Фенольные пены получили широкое распространение в области изоляции зданий, транспорта трубопроводов и промышленных трубопроводов, поэтому огнестойкость и связанные с ней свойства, такие как выделение дыма или капание воспламененных частиц, стали очень важными параметрами, которые необходимо учитывать в таких областях применения. Следовательно, улучшение огнезащитных свойств данных материалов является важной задачей для расширения области их применения [4].

Полифосфат аммония является высокомолекулярным антипиреном и представляет собой неорганическую соль фосфорной кислоты. Его структура образуется в результате слияния мономерных ортофосфатов в одну полимерную цепь. Исходным сырьем для получения вещества являются фосфорная кислота и аммиак.

В работе использовали антипирен полифосфат аммония APP – 201. Антипирен представлен в виде тонкодисперсного белого порошка, негорючего и нетоксичного для человека.

Основные характеристики антипирена полифосфата аммония APP – 201 представлены в табл. 1.

Таблица 1

## Показатели антипирена полифосфата аммония APP – 201

Наименование	Показатель
Содержание P, %, не менее	31,0–32,0
Содержание N, %, не более	14,0
pH	5,5–7,5
Степень полимеризации, не менее	1000,0
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,19
Температура плавления, °С	275,0
Растворимость в воде (г/100 см <sup>3</sup> )	0,5

Для того чтобы оценить влияние антипирена на огнестойкость фенольной пены, была выбрана резольная фенолформальдегидная смола, содержащая в своем составе 5 % лигнина, которая используется в производстве вспененных композиционных материалов.

Основные характеристики резольной фенолформальдегидной смолы представлены в табл. 2.

Таблица 2

## Показатели резольной фенолформальдегидной смолы

Наименование	Показатель
Условная вязкость при 25 °С, сПз	2300,0
Массовая доля щелочи, %	0,56
Массовая доля нелетучих веществ (сухой остаток), %	81,3
Массовая доля свободного формальдегида, %	0,83
Массовая доля свободного фенола, %	1,78
Кислотность, pH	6,7–7,0

Для получения фенольной пены использовали резольную фенолформальдегидную смолу, вспенивающий агент и отвердитель. Антипирен в количестве 1 % от общей массы смолы вводили последним на стадии перемешивания. Все компоненты перемешивали в смесителе, а затем загружали в термостатированный ящик и выдерживали при температуре 84 °С в течение 30 минут. Готовый блок фенольной пены оставляли на сутки под вытяжной вентиляцией для устранения запаха и окончательного отверждения.

Для изучения влияния антипирена на огнестойкость фенольной пены из готового блока вырезали образцы размером 250 × 250 × 40 мм в количестве трех штук.

Огнестойкость образца оценивали по ГОСТ 30244-94 «Методы испытаний на горючесть». В соответствии с этим стандартом было разработано испытательное устройство для нанесения пламени на поверхность образцов, которые были установлены и надежно закреплены в вертикальном положении с помощью опорной конструкции. Источником воспламенения была стандартная бутановая горелка с регулируемым пламенем, которая подавалась от газового баллона. Горелку помещали на подвижную опору, наклоненную под углом 45 градусов и выровненную по центру испытуемого образца. Опора была придвинута ближе к образцу до тех пор, пока горелка не окажется на высоте 4 см от нижнего края образца и на расстоянии 5 мм от его поверхности. Горелку придвигали к образцу и включали секундомер для фиксирования времени прогорания материала насквозь. Во время испытания визуально отслеживали воспламеняемость и выделение дыма при горении. Данный опыт повторяли для каждого образца.

В результате было отмечено, что фенольная пена с антипиреном имеет хорошую огнестойкость, а в процессе горения выделяется небольшое количество дыма. При удалении очага воспламенения фенольная пена затухает и не горит. Во время горения на месте, куда направлен очаг пламени, образуется каверна, а сама пена в результате горения карбонизируется.

В ходе испытания трех одинаковых образцов было рассчитано среднее арифметическое время прогорания фенольной пены насквозь. Время прогорания фенольной пены с антипиреном насквозь в сравнении с образцом стандартной фенольной пены представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели времени до полного прогорания фенольной пены

Наименование	Время, с
Стандартная фенольная пена	85
Фенольная пена с 1% антипирена	90

Полученные данные свидетельствуют о том, что введение 1 % антипирена увеличивает огнестойкость лигнинсодержащей фенольной пены.

**Выводы.** 1. Проведены испытания по изучению влияния антипирена полифосфата аммония на огнестойкость лигнинсодержащей фенольной пены.

2. Установлено, что введение 1 % антипирена полифосфата аммония на стадии перемешивания повышает огнестойкость лигнинсодержащей фенольной пены.

*Список источников*

1. Delgado C., Sarazin J., Santiago F. J. Fierro. Impact of the formulation of biosourced phenolic foams on their fire properties // *Polymer Degradation and Stability*. – 2018. – P. 1–14. – URL : <https://doi:10.1016/j.polyimdeggradstab.2018.11.143>.

2. Kim B. G., Lee D. G. Development of microwave foaming method for phenolic insulation foams // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2008. – 201 (1–3). – P. 716–719. – URL : <https://doi:10.1016/j.jmatprotec.2007.11.143>.

3. Kaihong T., Xiao H., Guiqiu X. Effect of formaldehyde to phenol molar ratio on combustion behavior of phenolic foam // *Polymer Testing*. – 2022. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107626>.

4. Mougel C., Garnier T., Cassagnau P. Phenolic foams: A review of mechanical properties, fire resistance and new trends in phenol substitution // *Polymer*. – 2018. – URL : <https://doi:10.1016/j.polymer.2018.12.050>.

*References*

1. Delgado C., Sarazin J., Santiago F. J. Fierro. Impact of the formulation of biosourced phenolic foams on their fire properties // *Polymer Degradation and Stability*. – 2018. – P. 1–14. – URL : <https://doi:10.1016/j.polyimdeggradstab.2018.11.143>.

2. Kim B. G., Lee D. G. Development of microwave foaming method for phenolic insulation foams // *Journal of Materials Processing Technology*. – 2008. – 201 (1–3). – P. 716–719. – URL : <https://doi:10.1016/j.jmatprotec.2007.11.143>.

3. Kaihong T., Xiao H., Guiqiu X. Effect of formaldehyde to phenol molar ratio on combustion behavior of phenolic foam // *Polymer Testing*. – 2022. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2022.107626>.

4. Mougel C., Garnier T., Cassagnau P. Phenolic foams: A review of mechanical properties, fire resistance and new trends in phenol substitution // *Polymer*. – 2018. – URL : <https://doi:10.1016/j.polymer.2018.12.050>.