

Научная статья
УДК 678

ВЛИЯНИЕ ПОЛИФОСФАТА АММОНИЯ НА ОГНЕСТОЙКОСТЬ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩЕЙ ФЕНОЛЬНОЙ ПЕНЫ

**Илья Владимирович Тычинкин¹, Олег Федорович Шишлов²,
Виктор Владимирович Глухих³**

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

^{1, 2, 3} 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. Tychinkin¹, Oleg F. Shishlov², Viktor V Glukhikh³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{1, 2, 3} 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 ³	0,19
Температура плавления, °С	275,0
Растворимость в воде (г/100 см ³)	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.polyimdegradstab.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.polyimdegradstab.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>.