

Непредельные фталаты из отходов производства как основа для синтеза пластификатора-антипирена

Раиса Н. Плотникова¹ raya.plotnikova.57@mail.ru  0000-0001-9559-4443

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Оценена возможность использования непредельных фталатов, полученных этерификацией фталевого ангидрида кубовыми остатками ректификации бутиловых спиртов, в качестве основы для синтеза бромсодержащего пластификатора-антипирена. Отмечена нестабильность содержания непредельных эфиров фталевой кислоты в исследуемом объекте с наиболее вероятным интервалом колебаний по йодному числу, в пределах от 24,4 до 44,4. Установлена прямая зависимость указанных пределов варьирования от содержания в кубовом остатке ректификации бутанола 2-этилгексен-3-ол-1 в количестве 9,0-17,5 % и 2-этилгексен-2-ол в количестве 35-43 %. Найдено соотношение непредельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непредельном пластификаторе - 1:2÷5. Показано, что при дефиците в производстве бромированного пластификатора с низким содержанием брома его необходимое количество можно получить разбавлением бромированного пластификатора с высоким содержанием брома. В качестве разбавителей предложены диоктилфталат и исследуемый непредельный пластификатор. Отмечено, что при неполном бромировании непредельной основы ненасыщенные эфиры не оказывают отрицательного влияния на качество композиций, делают бромсодержащую систему более реакционноспособной, что приводит к дополнительной сшивке молекул полимеров и повышению прочности композиции. Показано, что модификация непредельного пластификатора бромированием позволит получить тройной эффект ингибирования процесса горения за счет элиминирования бромистого водорода из бромированных эфиров, увеличения продолжительности его элиминирования и способности непредельных эфиров реагировать с активными радикалами, выделяющимися при термораспаде и горении полимерных композиций.

Ключевые слова: отходы производства, пластификаторы, модификация, антипирен

Disadvantageous phthalates from production waste as the basis for the synthesis of plasticizer-antipyrin

Raisa N. Plotnikova¹ raya.plotnikova.57@mail.ru  0000-0001-9559-4443

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. The possibility of using unsaturated phthalates obtained by the esterification of phthalic anhydride with distillation residues of butyl alcohols as a basis for the synthesis of a bromine-containing plasticizer-fire retardant was evaluated. prene, polyvinyl chloride, and polyvinyl acetate. Instability of the content of unsaturated esters of phthalic acid in the test object was noted with the most probable range of fluctuations in iodine number, ranging from 24.4 to 44.4. A direct dependence of the indicated variation limits on the content of 2-ethylhexene-3-ol-1 in the distillation residue of butanol in the amount of 9.0-17.5% and 2-ethylhexen-2-ol in the amount of 35-43% was established. The ratio of unsaturated esters of 2-ethylhexyl-2-ethylhexene-3-phthalate and 2-ethylhexyl-2-ethylhexene-2-phthalate in an unsaturated plasticizer is 1: 2 ÷ 5. It has been shown that with a shortage in production of a brominated plasticizer with a low bromine content, its required amount can be obtained by diluting a brominated plasticizer with a high bromine content. Dioctyl phthalate and the investigated unsaturated plasticizer were proposed as diluents. It is noted that with incomplete bromination of an unsaturated base, unsaturated esters do not adversely affect the quality of the compositions, make the bromine-containing system more reactive, which leads to additional crosslinking of polymer molecules and an increase in the strength of the composition. It is shown that the modification of an unsaturated plasticizer by bromination will make it possible to obtain a triple effect of inhibition of the combustion process due to the elimination of hydrogen bromide from brominated ethers, an increase in the duration of its elimination and the ability of unsaturated ethers to react with active radicals released during thermal decomposition and combustion of polymer compositions.

Keywords: waste production, plasticizers, modification, flame retardant

Введение

Расширяющиеся потребности народного хозяйства требуют поиска новых сырьевых ресурсов из возобновляемого сырья [1] и отходов производства для развития химической и нефтехимической промышленности.

Для цитирования

Плотникова Р.Н. Непредельные фталаты из отходов производства как основа для синтеза пластификатора-антипирена // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 202–207. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-202-207

Многотоннажное производство бутиловых спиртов сопряжено с образованием и накоплением больших объемов кубовых остатков на стадии их ректификации. Только на ОАО «Салаватнефтеоргсинтез» они составляют 15–30 тыс. т/год и реализуются в качестве аналога печного

For citation

Plotnikova R.N. Disadvantageous phthalates from production waste as the basis for the synthesis of plasticizer-antipyrin. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 202–207. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-202-207

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

топлива как «кубовый остаток производства бутилового спирта». В настоящее время по аналогии с технологией производства пластификатора диоктилфталата (ДОФ) разработана технология производства непредельного пластификатора (НП) путем этерификации фталевого ангидрида кубовым остатком ректификации бутиловых спиртов [2]. Характеристики получаемого продукта в соответствии с техническими условиями [3] на пластификатор приведены в таблица 1.

Таблица 1.
Показатели непредельного пластификатора
в соответствии с техническими условиями

Table 1.
Indicators of a non-precious plasticizer
in accordance with the specifications

Показатель Indicator	Значение Value
Цветность по йодометрической шкале, мг йода, не менее Chromaticity of iodometric scale, iodine mg, not less	130
Плотность при 293 К, кг/м ³ Density at 293 K, kg / m ³	985–1010
Кислотное число, мг КОН/г Acid number, mg KOH / g	0,3
Число омыления, мг КОН/г Number of wakeoff, mg KOH / g	280–320
Температура вспышки, К, не менее Flash temperature, to, not less	453

Полученный продукт представляет собой сложную физико-химическую систему, в состав которой входят преимущественно изомеры предельных и непредельных 2-этилгексильных эфиров о-фталевой кислоты.

Наличие в исследуемом объекте, полученном из отходов производства, непредельных углерод-углеродных связей в алифатическом радикале предоставляет широкий спектр возможностей по его модификации с целью придания желаемых технических характеристик [4–5]. Так введение атомов брома по месту двойных углерод-углеродных связей [6] позволит придать новому продукту свойства замедлителя горения или пластификатора-антипирена [7–10].

Для оценки качества данной физико-химической системы как основы для синтеза новых соединений, нужны четкие данные о ее количественном и качественном составе, колебаниях состава, наблюдающихся в производстве основного продукта [11]. Первостепенное значение при проведении процесса модификации базового продукта имеет в данной физико-химической системе содержание непредельных эфиров о-фталевой кислоты. Однако в перечне показателей, определенных ТУ, эти характеристики не указаны.

Методы

Пределы колебаний содержания непредельных эфиров о-фталевой кислоты оценены по результатам анализа проб, полученных в течение года с установки по производству непредельного пластификатора. Анализ непредельного пластификатора на двойные углерод-углеродные связи проводили по йодному числу. Состав ежемесячных проб детально проанализирован на хроматографе ЛХМ-72 с использованием пламенно-ионизационного детектора и следующими рабочими характеристиками: стальная колонка длиной 2,5 м, внутренним диаметром 1 мм с насадкой хроматон-N, пропитанный OV-1 в количестве 3% от массы носителя; температура колонки 513–533 К, испарителя – 593 К; величина вводимой пробы 0,2 мкл; скорость движения диаграммной ленты 10 мм/мин.

Результаты и обсуждение

По результатам ежемесячных анализов проб, приведенных в табл. 2, проведена оценка математического ожидания и доверительного интервала. Последний определен при уровне значимости $p = 0,05$ с использованием критерия Стьюдента.

Таблица 2.
Систематические показатели непредельного
пластификатора

Table 2.
Systematic Indicators of Unforeseen Plasticizer

Проба Sample	Йодное число, г I ₂ /100 г. Iodine number, g I ₂ /100 g	Математическое ожидание Mathematical expectation	Доверительный интервал Trust interval
1	9,6	34,4	$24,4 \leq x \leq 44,4$
2	40,2		
3	30,7		
4	32,4		
5	45,5		
6	10,8		
7	40,1		
8	25,2		
9	18,9		
10	59,7		
11	65,2		

Проведенная оценка позволяет определить наиболее вероятные пределы колебаний содержания непредельных эфиров в исследуемой физико-химической системе.

Наличие в системе непредельных связей указывает на возможность получения на ее основе бромсодержащих соединений, в данном случае бромированных в боковую цепь фталатов.

При соблюдении соответствующих условий [12], возможно введение брома в ядро, однако подобная задача нами не ставилась, поскольку бромированные в ядро соединения в большинстве своем являются токсичными.

Хроматограмма исследуемого объекта приведена на рисунке 1.

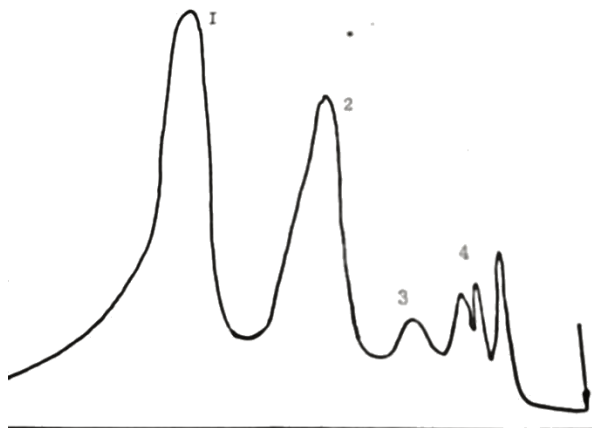


Рисунок 1. Хроматограмма непредельного пластификатора: 1 – ди (2-этилгексил) фталат; 2 – 2-этилгексил-2-этилгексенфталаты; 3 – дибутилфталат; 4 – продукты конденсации моноэфиров, ацетали

Figure 1. Chromatogram of unsaturated plasticizer: 1-di(2-ethylhexyl) phthalate; 2-2-ethylhexyl-2-ethylhexenphthalate; 3 – dibutyl phthalate; 4 – condensation products of monoesters, acetals

Пики 1 и 3 идентифицированы [13] с использованием стандартных ди-2-этилгексилфталата (ДОФ) и дибутилфталата (ДБФ). Группа пиков 4 отнесена к продуктам конденсации моноэфиров и ацеталей. Неидентифицированный пик 2, исходя из результатов анализа по функциональным группам, соответствует непредельным эфирам о-фталевой кислоты. Количественный анализ состава непредельного пластификатора проведен с помощью метода абсолютной калибровки [14] (таблица 3).

Таблица 3.
Состав непредельного пластификатора

Table 3.
Composition of the unsaturated plasticizer

Компонент Component	Содержание, % Content, %
Ди-2-этилгексил-фталат Di-2-ethylhexyl-phthalate	21,0–80,0
2-этилгексил-2-этилгексен-фталаты 2-Ethylhexyl-2-ethylhexene-phthalates	15,0–70,0
Дибутилфталат Dibutyl phthalate	2,0–4,0
Примеси Impurities	3,0–5,0

Результаты анализов свидетельствуют о широком интервале колебаний состава

непредельного пластификатора, как физико-химической основы для синтеза бромсодержащих соединений. В отдельном контрольном опыте содержание непредельных эфиров с одной непредельной ветвью достигает, согласно таблицы 3, 15–70%.

Поскольку хроматографический анализ состава кубового остатка ректификации бутиловых спиртов свидетельствует о наличии непредельных спиртов 2-этилгексен-3-ол-1 в количестве 9,0–17,5% и 2-этилгексен-2-ол в количестве 35–43%, то соотношение непредельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непредельном пластификаторе составляет 1 : 2 ÷ 5.

Все использованные в работе пробы непредельного пластификатора охарактеризованы в соответствии с ГОСТ 8728–88 Пластификаторы. Технические условия. Результаты сведены в таблице 4.

Таблица 4
Свойства непредельного пластификатора как основы для синтеза пластификатора-антипирена

Table 4
Properties of an unsaturated plasticizer as a basis for the synthesis of a plasticizer-flame retardant

Показатель Indicator	Значение Value
Плотность при 293 К, кг/м ³ Density at 293 K, kg/m ³	975–995
Цвет по йодометрической шкале Color on the iodometric scale	30–100
Показатель преломления при 283 К Refractive index at 283 K	1,485–1,490
Динамическая вязкость при 293 К, η·10 ³ Dynamic viscosity at 293 K, η·10 ³	70–85
Температура кипения, К Boiling water temperature, K	493–515 (0,66 kPa)
Температура застывания, К Frozen temperature, K	234–232
Температура воспламенения, К Inflammation temperature, K	473–503
Температура вспышки, К Flash temperature, K	443–463
Массовая доля летучих веществ при 373 К за 6 ч, % Mass fraction of volatile substances at 373 K in 6 hours, %	0,2–0,4
Кислотное число, мг КОН/г Acid number, mg KOH / g	0,2–0,3
Число омыления, мг КОН/г Number of washhydrations, mg KOH/g	280–290
Йодное число, г I ₂ /100 г. Iodine number, g I ₂ / 100 g	10–50
Удельное объемное сопротивление, ом×см Specific volume resistance, ohm×cm	3×10 ⁹

Согласно полученным данным при полном бромировании входящих в состав непредельного пластификатора арилолефинов могут быть получены новые бромсодержащие системы. Используя расчетные значения наиболее вероятных пределов колебаний содержания эфиров с непредельной ветвью, получим наиболее вероятные пределы содержания брома в бромированном пластификаторе: $9,79 \div 16,4\%$.

При дефиците в производстве бромированного пластификатора с низким содержанием брома его необходимое количество можно получить разбавлением бромированного пластификатора с высоким содержанием брома. В качестве разбавителя может служить широко применяемый в промышленности крупнотоннажный пластификатор ДОФ. Разбавление возможно производить и самим непредельным пластификатором, что не влияет на качество целевого продукта.

В то же время при неполном бромировании непредельной основы наличие ненасыщенных эфиров не оказывает отрицательного влияния на качество композиций, в состав которых может быть введен бромированный фталатный пластификатор. Напротив, с физико-химической точки зрения двойные углерод-углеродные связи делают бромсодержащую систему реакционноспособной, поскольку непредельные компоненты за счет раскрытия двойных углерод-углеродных связей дополнительно сшивают молекулы полимеров, повышая тем самым прочность композиции.

Кроме того использование подобной системы в качестве антипирена позволит получить тройной эффект ингибирования

процесса горения: во-первых, за счет элиминирования бромистого водорода из бромированных эфиров; во-вторых, эффективность подобных антипиренов повышается за счет продолжительности элиминирования, поскольку скорость элиминирования зависит от энергии разрыва связей третичного и вторичного атомов углерода с бромом и имеет различные значения [15]; в-третьих, двойные углерод-углеродные связи антипирена способны реагировать с активными радикалами, выделяющимися при термораспаде и горении полимерных композиций, тем самым ингибируя эти процессы [16–18].

Возможность получения бромированного пластификатора с широким диапазоном содержания брома – положительный факт, так как в промышленности находят применение как высоkobромированные, так и низkobромированные соединения [19–20].

Заключение

Установлены наиболее вероятный интервал колебаний содержания непредельных эфиров в исследуемой физико-химической системе, в пределах от 24,4 до 44,4, г $I_2/100$ г.

Определено соотношение непредельных эфиров 2-этилгексил-2-этилгексен-3-фталата и 2-этилгексил-2-этилгексен-2-фталата в непредельном пластификаторе – 1 : 2 : 5.

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о возможности использования непредельного пластификатора, полученного на основе отходов производства бутиловых спиртов, в качестве физико-химической базы для получения бромсодержащего пластификатора-антипирена с наиболее вероятными пределами содержания брома в бромированном пластификаторе: $9,79 \div 16,4\%$.

Литература

- 1 Леванова С.В., Красных Е.Л., Моисеева С.В., Сафронов С.П. и др. Научные и технологические особенности синтеза новых сложнэфирных пластификаторов на основе возобновляемого сырья // Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 64. № 6. С. 69–75. doi: 10.6060/ivkkt.20216406.6369
- 2 Tsai Y.T., Lin M.-m., Lee M.-J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35 // J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2011. V. 42. № 2. P. 271–277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010
- 3 ТУ 38.102171–85. Пластификатор ДЭГФ.
- 4 Искендерова С.А., Садиева Н.Ф., Эфендиева Л.М., Асадова Ш.Н. и др. Новые пластификаторы для эфиров целлюлозы // Пластические массы. 2020. № 1–2. С. 15–16.
- 5 Shelke M.E. Synthesis and evaluation of newly 1-substituted-(2H)-2-thio-4-(3-substitutedthiocarbamido-1-yl)-6-(2-imino-4-thio-5-substitutedbiureto-1-yl) 1, 2-dihydro-S-triazines as potent antimicrobial agents // GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2020. V. 13. № 3. P. 109–112. doi: 10.30574/gscbps.2020.13.3.0245
- 6 Плотникова Р.Н., Корчагин В.И., Попова Л.В. Бромирование фталатсодержащих систем, полученных из отходов производства // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. 2021. V. 64. № 11. P. 112–116. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6429
- 7 Miyake Y. et al. Simultaneous determination of brominated and phosphate flame retardants in flame-retarded polyester curtains by a novel extraction method // Science of the Total Environment. 2017. № 601–602. P. 1333–1339.
- 8 Ахраров Б.Б., Мухамедгалиев Б.А. Исследование огнезащитных характеристик синтезированных фосфорсодержащих полимерных антипиренов // Пластические массы. 2016. № 11–12. С. 37–38. doi: 10.35164/0554–2901–2016–11–12–37–38
- 9 Алимова А.У., Дудеров Г.Н., Орлова А.М. Снижение горючести целлюлозосодержащих материалов // Вестник МГСУ. 2011. № 1–2. С. 326–330.

- 10 Plotnikova R.N. Исследование свойств бромированной фталатсодержащей системы и определение областей ее применения // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2021. Т. 83. № 1. С. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296
- 11 Teptereva G.A. и др. Возобновляемые природные сырьевые ресурсы, строение, свойства, перспективы применения // Известия высших учебных заведений. 2021. Т. 64. №. 9. С. 4-121. doi: 10.6060/ivkkt.20216409.6465
- 12 Ruasse M.F., Zhang B.L. The nucleophilic contribution of the solvent in olefin bromination. I. Steric inhibition to nucleophilic solvation in alkene bromination via brominium ions // The Journal of Organic Chemistry. 1984. V. 49. №. 17. P. 3207-3210.
- 13 He W., Song P., Yu B., Fang Z. et al. Flame retardant polymeric nanocomposites through the combination of nanomaterials and conventional flame retardants // Progress in Materials Science. 2020. V. 114. P. 100687. doi: 10.1016/j.pmatsci.2020.100687
- 14 Sushkova S.V., Levanova S.V., Glazko I.L. Identification and quantitative determination of citric acid esters // ChemChemTech. 2019. V. 62. № 10. P. 110–117. doi: 10.6060/ivkkt.20196210.6036
- 15 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach // Chemical science. 2020. V. 11. №. 30. P. 7813-7822. doi: 10.1039/d0sc01328e
- 16 Ахраров Б.Б., Мухамедгалиев Б.А. Разработка огнезащитных составов на основе отходов химической промышленности // Пластические массы. 2016. №. 7-8. С. 25-27
- 17 Ушков В.А., Лалаян В.М., Невзоров Д.И., Ломакин С.М. О влиянии фталатных и фосфатных пластификаторов на воспламеняемость и дымообразующую способность полимерных композиционных материалов // Пожаровзрывобезопасность. 2013. Т. 22. №. 10. С. 25-33.
- 18 Paul D.R., Baknell K.B. Polymer mixtures. Volume I: Systematics. SPb.: Scientific foundations and technologies. 2009. 618 p.
- 19 Swoboda B., Buonomo S., Leroy E., Lopez Cuesta J.M. Reaction to fire of recycled poly(ethyleneterephthalate)/polycarbonate blends // Polymer Degradation and Stability. 2007. V. 92. № 12. P. 2247–2256. doi: 10.1016/j.polyimdegradstab.2007.01.038
- 20 Hong I. – K., Lee S. Properties of ultrasound-assisted blends of poly(ethylene terephthalate) with polycarbonate // J. Ind. Eng. Chem. 2013. V. 19. № 1. P. 87–93. doi: 10.1016/j.jiec.2012.07.006

References

- 1 Levanova S.V., Krasnykh E.L., Moiseeva S.V., Safronov S.P. and others. Scientific and technological features of the synthesis of new ester plasticizers based on renewable raw materials. Izvestia of higher educational institutions. 2021. vol. 64. no. 6. pp. 69–75. doi:10.6060/ivkkt.20216406.6369 (in Russian).
- 2 Tsai Y.T., Lin M.-m., Lee M.-J. Kinetics of heterogeneous esterification of glutaric acid with methanol over Amberlyst 35. J. Taiwan Inst. Chem. Eng. 2011. vol. 42. no. 2. pp. 271–277. doi: 10.1016/j.jtice.2010.07.010
- 3 TU 38.102171–85. DEHP plasticizer. (in Russian).
- 4 Iskenderova S.A., Sadieva N.F., Efendieva L.M., Asadova Sh.N. et al. New plasticizers for cellulose ethers. Plastic masses. 2020. no. 1–2. pp. 15–16. (in Russian).
- 5 Shelke M.E. Synthesis and evaluation of newly 1-substituted-(2H)-2-thio-4-(3-substitutedthiocarbamido-1-yl)-6-(2-imino-4-thio-5-substitutedbiureto-1-yl) 1, 2-dihydro-S-triazines as potent antimicrobial agents. GSC Biological and Pharmaceutical Sciences. 2020. vol. 13. no. 3. pp. 109-112. doi: 10.30574/gscbps.2020.13.3.0245
- 6 Plotnikova R.N., Korchagin V.I., Popova L.V. Bromination of phthalate-containing systems obtained from production waste. Izvestia of higher educational institutions. Chemistry and chemical technology. 2021. vol. 64. no. 11. pp. 112-116. doi: 10.6060/ivkkt.20216411.6429 (in Russian).
- 7 Miyake Y. et al. Simultaneous determination of brominated and phosphate flame retardants in flame-retarded polyester curtains by a novel extraction method. Science of the Total Environment. 2017. no. 601–602. pp. 1333–1339.
- 8 Akhrarov B.B., Mukhamedgaliev B.A. Investigation of the flame retardant characteristics of synthesized phosphorus-containing polymer flame retardants. Plastic masses. 2016. no. 11–12. pp. 37–38. doi: 10.35164/0554-2901-2016-11-12-37-38 (in Russian).
- 9 Alimova A.U., Duderov G.N., Orlova A.M. Reducing the combustibility of cellulose-containing materials. Vestnik MGSU. 2011. no. 1-2. pp. 326-330. (in Russian).
- 10 Plotnikova R.N. Investigation of the properties of a brominated phthalate-containing system and the determination of its applications. Proceedings of VSUET. 2021. vol. 83. no. 1. pp. 290–296. doi: 10.20914/2310-1202-2021-1-290-296 (in Russian).
- 11 Teptereva G.A. et al. Renewable natural raw materials, structure, properties, prospects for application. Izvestia of higher educational institutions. 2021. vol. 64. no. 9. pp. 4-121. doi: 10.6060/ivkkt.20216409.6465 (in Russian).
- 12 Ruasse M.F., Zhang B.L. The nucleophilic contribution of the solvent in olefin bromination. I. Steric inhibition to nucleophilic solvation in alkene bromination via brominium ions. The Journal of Organic Chemistry. 1984. vol. 49. no. 17. pp. 3207-3210.
- 13 He W., Song P., Yu B., Fang Z. et al. Flame retardant polymeric nanocomposites through the combination of nanomaterials and conventional flame retardants. Progress in Materials Science. 2020. vol. 114. pp. 100687. doi: 10.1016/j.pmatsci.2020.100687
- 14 Sushkova S.V., Levanova S.V., Glazko I.L. Identification and quantitative determination of citric acid esters. ChemChemTech. 2019. vol. 62. no. 10. pp. 110–117. doi: 10.6060/ivkkt.20196210.6036
- 15 Lee B., Yoo J., Kang K. Predicting the chemical reactivity of organic materials using a machine-learning approach. Chemical science. 2020. vol. 11. no. 30. pp. 7813-7822. doi: 10.1039/d0sc01328e

16 Akhrarov B.B., Mukhamedgaliev B.A. Development of flame retardant compositions based on waste products of the chemical industry. Plastic masses. 2016. no. 7-8. pp. 25-27. (in Russian).


17 Ushkov V.A., Lalayan V.M., Nevzorov D.I., Lomakin S.M. On the effect of phthalate and phosphate plasticizers on the flammability and smoke-forming ability of polymer composite materials. Pozharovzryvbezopasnost. 2013. vol. 22. no. 10. pp. 25-33. (in Russian).

18 Paul D.R., Baknell K.B. Polymer mixtures. Volume I: Systematics. SPb., Scientific foundations and technologies. 2009. 618 p.

19 Swoboda B., Buonomo S., Leroy E., Lopez Cuesta J.M. Reaction to fire of recycled poly(ethyleneterephthalate)/polycarbonate blends. Polymer Degradation and Stability. 2007. vol. 92. no. 12. pp. 2247–2256. doi: 10.1016/j.polydegradstab.2007.01.038

20 Hong I. – K., Lee S. Properties of ultrasound-assisted blends of poly(ethylene terephthalate) with polycarbonate. J. Ind. Eng. Chem. 2013. vol. 19. no. 1. pp. 87–93. doi: 10.1016/j.jiec.2012.07.006

Сведения об авторах

Раиса Н. Плотникова к.х.н., доцент, кафедра промышленной экологии, оборудования химических и нефтехимических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, raya.plotnikova.57@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>


Вклад авторов

Раиса Н. Плотникова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Raisa N. Plotnikova Cand. Sci. (Chem.), associate professor, industrial ecology, equipment for chemical and petrochemical plants department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, raya.plotnikova.57@mail.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9559-4443>

Contribution

Raisa N. Plotnikova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 10/01/2022	После редакции 01/02/2022	Принята в печать 17/02/2022
Received 10/01/2022	Accepted in revised 01/02/2022	Accepted 17/02/2022