

Особенности наполнения композиций ПВХ/АБС

Карина Р. Хузиахметова ¹	karina261996@mail.ru	 0000-0001-5313-3147
Анвар М. Исламов ¹	iam16@yandex.ru	 0000-0002-8552-5855
Ляйля А. Абдрахманова ¹	laa@kgasu.ru	 0000-0003-3905-5730
Рашид К. Низамов ¹	nizamov@kgasu.ru	 0000-0002-8552-5855

¹ Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия

Аннотация. Работа посвящена наполнению коротковолокнистой базальтовой фиброй ПВХ (поливинилхлорид) композиций, модифицированных АБС (акрилонитрил-бутадиен-стирол) в широком интервале концентраций, предназначенных для производства профильно-погонажных изделий различного функционального назначения. Порошкообразные образцы изготовлены по экструзионной технологии (в виде плоских профилей) и методом термопластикации на вальцах (в виде пленок). Введение 10-40 мас.ч. АБС в ПВХ рецептуры позволяет облегчить перерабатываемость композиции. Аналогичная ситуация наблюдается при наполнении данных композиций базальтовой фиброй, приводящей к незначительному снижению ПТР (показателю текучести расплава) и термостабильности, что в целом не отражается отрицательно на условиях течения расплава, при этом происходит снижение показателя разбухания экструдата на 10-15%, которое свидетельствует о возможности придания изделиям более точных геометрических размеров. Изменение надмолекулярной структуры оценивалось по данным термомеханических испытаний и с помощью энергодисперсионного анализа по данным электронной микроскопии. Термомеханический анализ показал, что присутствие больших доз АБС положительно сказывается на технологических свойствах, приводя к более раннему развитию высокоэластических деформаций и снижению температуры текучести композиций. Базальтовая фибра способствует незначительному снижению величины высокоэластических деформаций и увеличению показателя плотности узлов сетки зацепления. Энергодисперсионный анализ показал, что введение базальтовой фибры приводит к формированию однородной структуры ПВХ при меньших концентрациях АБС в композиции, оказывая влияние на повышение текучести расплава и термостабильности. Повышенные технологические свойства композиций коротковолокнистой базальтовой фиброй ПВХ композиций, модифицированных разной концентрацией АБС, позволяют их рекомендовать для производства широкого круга профильно-погонажных изделий.

Ключевые слова: поливинилхлорид, акрилонитрил-бутадиен-стирол, смеси, модификатор, экструзия

Features of PVC/ABS compositions filling

Karina R. Khuziakmetova ¹	karina261996@mail.ru	 0000-0001-5313-3147
Anvar M. Islamov ¹	iam16@yandex.ru	 0000-0002-8552-5855
Lyailya A. Abdrakhmanova ¹	laa@kgasu.ru	 0000-0003-3905-5730
Rashit K. Nizamov ¹	nizamov@kgasu.ru	 0000-0002-8552-5855

¹ Kazan State University of Architecture and Engineering, 1, Zelenaya Str., Kazan 420043, Russia

Abstract. The work is devoted to the filling of PVC (polyvinyl chloride) compositions modified with ABS (acrylonitrile-butadiene styrene) in a wide concentration range, intended for the production of profiles and moldings of various functional purposes, with short-fiber basalt fiber. Powdered samples were made by extrusion (in the form of flat profiles) and by thermoplasticizing on rolls (in the form of films). Introduction of 10-40 phr ABS in PVC formulation makes it easier to recycle the composition. Similar situation is observed when these compositions are filled with basalt fiber, which leads to insignificant decrease of MFR (melt flow index) and thermal stability, which in general does not reflect negatively on melt flow conditions, at the same time extrudate swelling index decreases by 10-15%, which indicates possibility to provide products with more precise geometric dimensions. The change in the supramolecular structure was evaluated by thermomechanical tests and by energy dispersive analysis using electron microscopy data. Thermomechanical analysis showed that the presence of large doses of ABS has a positive effect on the technological properties, leading to an earlier development of highly elastic deformations and a decrease in the yield point of the compositions. Basalt fiber contributes to an insignificant decrease in the value of high elastic deformations and an increase in the density index of meshing knots. Energy dispersion analysis has shown that introduction of basalt fiber leads to formation of homogeneous structure of PVC at lower concentrations of ABS in the composition, influencing on increase of melt flowability and thermal stability. Improved technological properties of PVC compositions filled with short-fiber basalt fiber, modified with different concentrations of ABS, allow to recommend them for production of a wide range of profile and molded products.

Keywords: polyvinyl chloride, acrylonitrile butadiene styrene, blends, modifier, extrusion

Введение

Строительный сектор требует расширения номенклатуры продукции [1]. Этого можно добиться путем использования полимеров [2]. Полимерные материалы широко используются практически во всех отраслях промышленности, что обусловлено повышенным спросом таких изделий. По объемам производства и

потребления лидирующие позиции в строительстве занимает поливинилхлорид (ПВХ) [3]. На стадии переработки ПВХ подвергается термической деструкции, в связи с чем могут ухудшаться механические свойства материалов [4]. Введение в состав ПВХ композиций акриловых технологических добавок позволяет обеспечить рост требований к эксплуатацион-

Для цитирования

Хузиахметова К.Р., Исламов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Особенности наполнения композиций ПВХ/АБС // Вестник ВГУИТ. 2022. Т. 84. № 1. С. 252–258. doi:10.20914/2310-1202-2022-1-252-258

For citation

Khuziakmetova K.R., Islamov A.M., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Features of PVC/ABS compositions filling. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2022. vol. 84. no. 1. pp. 252–258. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2022-1-252-258

ным и технологическим свойствам таких материалов [5–7].

На данный момент набирают обороты акриловые технологические добавки, самыми распространенными из которых являются сополимеры акрилонитрил-бутадиен-стирола (АБС) [8]. АБС характеризуется широким многообразием состава, молекулярной структуры, методов производства и переработки [9–11]. Как правило, он состоит из двух фаз: бутадиенового каучука и стирол-акрилонитрильного пластика (САН). Фаза бутадиена представляется как равномерно распределенное ядро в жесткой САН матрице [12, 13]. Вследствие сочетания прочностных свойств и морозостойкости бутадиена, а также жесткости и термостабильности САН матрицы, АБС широко используется как модификатор физико-механических и теплофизических свойств ПВХ. При этом ПВХ больше взаимодействует с САН, чем с бутадиеном. Из этого следует, что взаимодействие между САН и ПВХ является определяющей при создании смесей ПВХ/АБС [14–17].

Для придания особых свойств и снижения стоимости конечного изделия из-за уменьшения расхода полимера в композиции на основе ПВХ вводят волокнистые наполнители. Большинство исследований направлено на совмещении ПВХ со стекловолокном, хотя есть отличная альтернатива в виде базальтовых волокнистых наполнителей. Область применения базальтовых волокон близка к стеклянным [18, 19]. Базальтовое волокно увеличивает площадь контакта с полимерной матрицей, которая связывает между собой волокна, также позволяет повысить термостойкость и прочность в более широком диапазоне отрицательных и положительных температур [20].

В композициях, состоящих из смесей разных по природе полимеров, наполнитель может влиять на формирование межфазных слоев неоднозначно, что должно отразиться на формировании структуры в процессе переработки. В связи с этим, целью работы явилось исследование особенностей создания полимерных смесей на основе ПВХ и АБС в присутствии коротковолокнистого наполнителя – базальтовой фибры.

Материалы и методы

В исследованиях был использован суспензионный ПВХ марки С-6359-М по ГОСТ 14332–78, комплексный стабилизатор – двухосновный стеарат свинца (ДОСС), стабилизатор-смазка – стеарат кальция (Ст. Са) по ТУ 6–09–4104–87.

В качестве модификатора ударной прочности и перерабатываемости был выбран

АБС-20П (АО «Пластик», Россия), который имеет температуру размягчения порядка 100 °С и показатель текучести расплава при 220 °С и 10 кгс не менее 5–12 г./10 мин.

Состав ненаполненных экспериментальных композиций представлен в таблице 1.

Таблица 1.
Состав ненаполненных экспериментальных композиций
Table 1.
Composition of unfilled experimental compositions

Компонент Component	Концентрация, мас. ч. Concentration, phr			
ПВХ PVC	100			
ДОСС DBLS	5			
Ст. Са St. Ca	3			
АБС ABS	10	20	30	40

В качестве наполнителя использовалась коротковолокнистая модифицированная базальтовая фибра компании СЕММIX (ТУ 20.59.59-001-90557835-2017), замасленная водорастворимым щелочестойким К-В42. Средний диаметр волокна 8–10 мкм, средняя длина –100–500 мкм. В рецептуры таблицы 1 вводилось 7 мас.ч. базальтовой фибры на 100 мас.ч. ПВХ..

Предварительное перемешивание ненаполненных и наполненных порошкообразных компонентов осуществлялось на лабораторном смесителе ЛДУ-3 МПР с пропеллерной насадкой в течение 4 мин при 700 об/мин.

На лабораторном экструдере LabTech Scientific LTE 16–40 были получены плоские профили размером 2×22 мм или более (в зависимости от коэффициента разбухания расплава) и длиной 20–25 см. Температурный режим регулировался по десяти зонам цилиндра со скоростью вращения шнеков 16, 20 и 25 об/мин, оптимальная нагрузка двигателя составляла 30–50 % от максимальной.

Пленочные образцы готовились на лабораторных вальцах ЛБ 200 100/100 Э при температуре валков 160–170 °С для жестких образцов в течение 3–4 мин. Каждая серия образцов готовилась одновременно при одинаковом температурном режиме при одной и той же толщине зазора между вальцами ~ 0,010–0,020 см.

Показатель текучести расплава (ПТР) определялся на пластометре Франка по ГОСТ 11645–73. Заранее подготовленные пленочные образцы массой 3 г были нагреты до 185 °С и нагружены 21,6 кг. Значение ПТР определялось по массе шести образцов, вышедших из капилляра диаметром 2 мм и достигнувших стабильного течения.

Термостабильность определялась на пленочных образцах, измельченных до размеров 2×2 мм весом 2–4 г., и характеризовалась временем индукционного периода от начала погружения пробирки в термическую печь до изменения цвета индикатора в процессе выделения HCl во время дегидрохлорирования ПВХ при 180°C по ГОСТ 14041–91.

Разбухания определялось на трех экстрактах по результатам замеров геометрических размеров толщиномером и штангенциркулем, значения которых сравнивались с размерами отверстия фильеры.

Термомеханический анализ осуществлялся на приборе, работающего по принципу постоянного нагружения в условиях сжатия при нагрузке 1 Н и постоянной скорости нагревания $3^\circ\text{C}/\text{мин}$ до 220°C на образцах диаметром $8 \pm 0,5$ мм и толщиной $3 \pm 0,1$ мм.

Электронные микрофотографии получены на автоэмиссионном высокоразрешающем сканирующем электронном микроскопе Merlin

компания CarlZeiss при ускоряющем напряжении первичных электронов 5 кВ и зондовом токе 300 пА для минимального воздействия на объект исследования. Образцы помещались в жидкий азот, после чего производился скол. Сколы выполнены по направлению оси экструдирования. Сколы образцов фиксировались на держателе и помещались в камеру вакуумной установки Quorum Q 150TES. Нанесение проводящего слоя проводилось методом катодного распыления сплавом Au/Pd в соотношении 80/20. Толщина нанесенного слоя составила 15 нм. С использованием энергодисперсионного анализа был исследован элементный состав образцов на различных участках композита с фиксацией азота, как реперного элемента в составе АБС, и хлора – в составе ПВХ.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены изменения основных технологических показателей исследуемых образцов от концентрации АБС в системе.

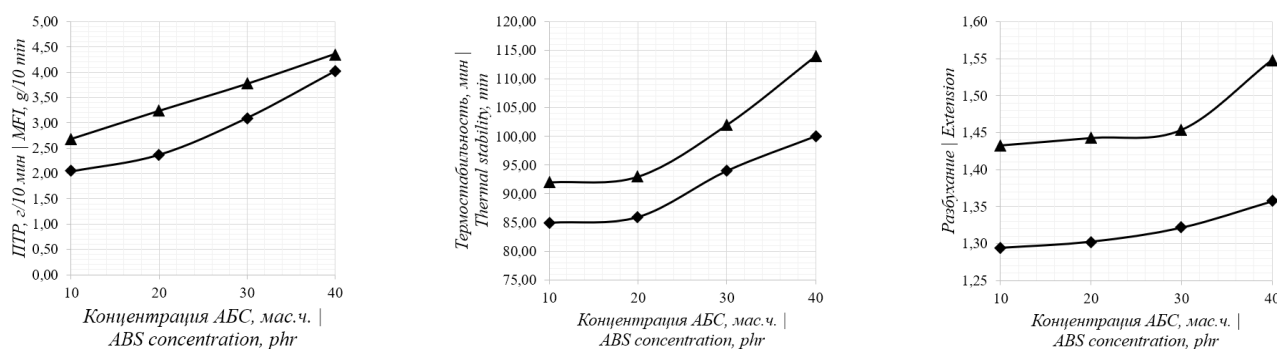


Рисунок 1. Технологические показатели образцов в зависимости от концентрации АБС: ▲ – незаполненные рецептуры; ◆ – наполненные базальтовой фиброй рецептуры

Figure 1. Technological indicators of samples depending on ABS concentration: ▲ – unfilled formulations; ◆ – formulations filled with basalt fiber

Из анализа кривых следует, что:

- как в незаполненных, так и в наполненных композициях, в концентрационном диапазоне АБС от 10 до 40 мас. технологические показатели (ПТР, термостабильность) увеличиваются. Это может быть с пластифицирующим действием оболочки САН в составе АБС, которая влияет на повышение текучести расплава и термостабильности;
- введение базальтовой фибры в сравнении с незаполненными ПВХ композициями способствует незначительному снижению ПТР и термостабильности, значения показателей находятся на уровне требования для жестких ПВХ композиций.

- в присутствии волокнистого наполнителя снижается показатель разбухания экструдата на 10–15 %, что дает возможность при производстве придавать изделиям точные геометрические размеры.

На рисунке 2 показаны термомеханические кривые ПВХ образцов в зависимости от концентрации АБС. При увеличении концентрации АБС в незаполненных и наполненных композициях температура стеклования растет, а температура текучести уменьшается. Однако влияние базальтовой фибры способствует снижению обоих показателей, что приводит к большей подвижности сегментов макромолекул при значительно меньших температурах.

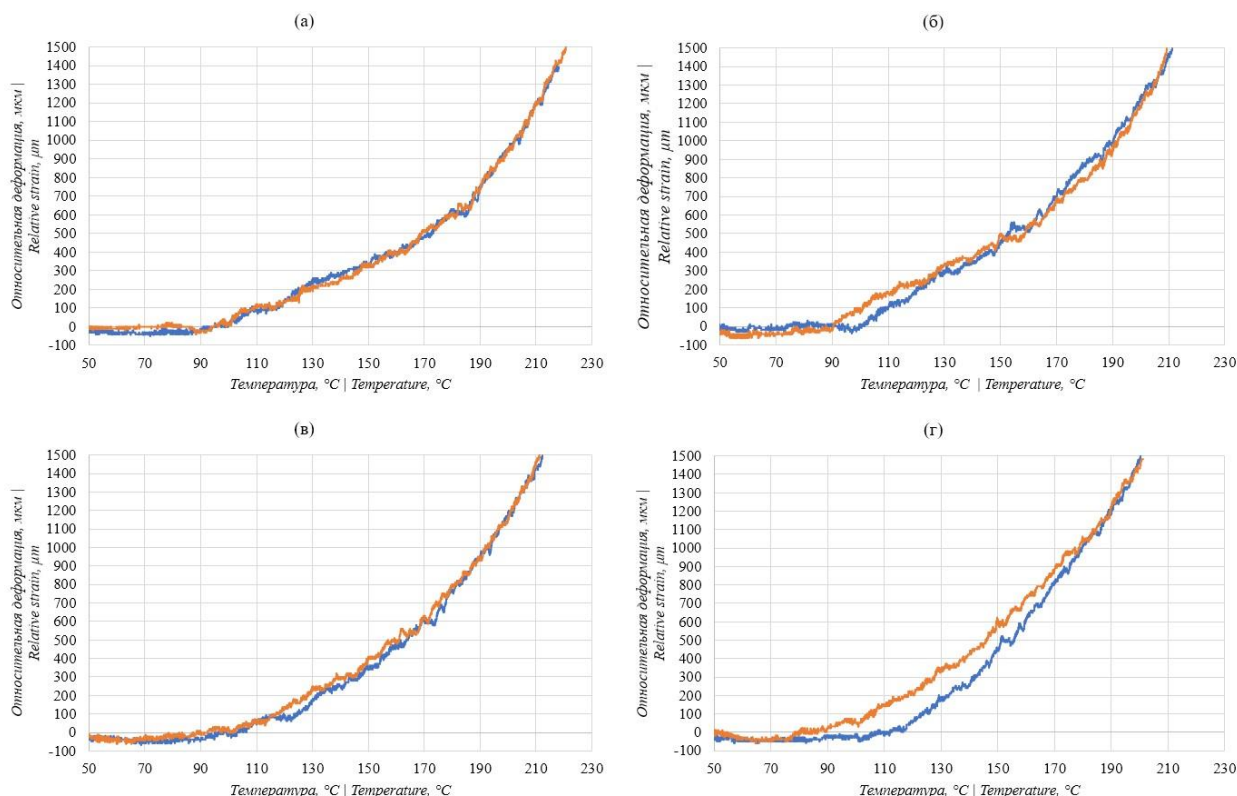


Рисунок 2. Термомеханические кривые ПВХ образцов при концентрациях АБС (а) – 10; (б) – 20; (в) – 30; (г) – 40 мас. ч.: ■ – ненаполненные рецептуры; ■ – наполненные базальтовой фиброй рецептуры

Figure 2. Thermomechanical curves of PVC samples at ABS concentrations (a) – 10; (b) – 20; (c) – 30; (d) – 40 phr: ■ – unfilled formulations; ■ – formulations filled with basalt fiber

Данные обработки термомеханических кривых представлены в таблице 2. В ненаполненных композициях при увеличении концентрации АБС растет величина высокоэластической деформации, сопровождающаяся снижением плотности узлов физической сетки зацеплений. Наполнение базальтовой фиброй позволяет

снизить величину высокоэластической деформации, при этом наблюдается повышение плотности узлов физической сетки зацепления относительно ненаполненных композиций. Более высокая плотность узлов сетки коррелирует с некоторым снижением ПТР (рисунок 1).

Таблица 2.

Данные обработки термомеханических кривых

Table 2.

Processing data of thermomechanical curves

Концентрация АБС, мас. ч. ABS concentration, phr	Высокоэластическая деформация, %, в композициях High elastic strain, %, in compositions		Эффективная плотность узлов физической сетки зацепления, моль/г, в композициях Effective density of physical meshing grid units, mol/g, in compositions	
	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber
10	23	21	$6,5 \times 10^{-6}$	$6,8 \times 10^{-6}$
20	32	23	$4,6 \times 10^{-6}$	$6,6 \times 10^{-6}$
30	34	24	$4,5 \times 10^{-6}$	$6,5 \times 10^{-6}$
40	38	30	$3,9 \times 10^{-6}$	$5,3 \times 10^{-6}$

Поскольку увеличение концентрации АБС как в ненаполненных, так и наполненных композициях, приводит к более интенсивным высокоэластическим деформациям, были рассмотрены структурные особенности смеси

в дисперсионной среде ПВХ с помощью путем анализа энергодисперсионных спектров по данным таблицы 3. В качестве химического элемента для ПВХ было рассмотрено атомное содержание хлора, а для АБС – азота.

Таблица 3.

Содержание атомов хлора и азота в элементах структуры

Table 3.

The content of chlorine and nitrogen atoms in the structure elements

Концентрация АБС, мас. ч. ABS concentration, phr	Содержание хлора/азота (%) в дисперсионной среде смеси Chlorine/nitrogen content (%) in the dispersion medium of the mixture	
	ненаполненных unfilled	наполненных базальтовой фиброй filled with basalt fiber
10	19,3 / 0	25,7 / 0
20	20,2 / 0	20,3 / 2,5
30	15,3 / 0	17,0 / 3,8
40	25,5 / 2,3	26,6 / 3,1

Элементный состав структуры показал, что в ненаполненных композициях азот, находящийся в структуре оболочки АБС – акрилонитрила, проявляется только при максимальной концентрации – 40 мас. ч., а наполнение базальтовой фиброй приводит к более раннему формированию однородной структуры уже при концентрациях 20–40 мас. ч. АБС.

Заключение

Таким образом, наполнение смесей ПВХ/АБС коротковолокнистой модифицированной базальтовой фиброй изменяет условия взаимодействия на межфазной границе ПВХ/АБС в зависимости от концентрационного соотношения компонентов.

Наполнение базальтовой фиброй позволяет расширить область эксплуатации изделий при более высоких температурах за счет большей

теплостойкости. Одновременное снижение вязкости расплавов (снижение температуры текучести) позволит проводить экструзионную переработку при более низких температурах. Впервые по анализу содержания реперных элементов компонентов полимерной смеси установлено, что присутствие базальтовой фибры способствует формированию двухкомпонентной матрицы дисперсионной среды, тогда как в ненаполненных смесях ПВХ/АБС полимер выделяется в дисперсную фазу и только при концентрации 40 мас. ч. АБС на 100 мас. ч. ПВХ часть АБС входит в состав дисперсионной среды. В связи с этим, дальнейшие исследования будут направлены на изучение смесей ПВХ/АБС с концентрацией АБС от 40 до 100 мас. ч. на 100 мас. ч. ПВХ с фиксацией инверсии фаз.

Литература

- 1 Бухебуз М.С., Кисель Т.Н. Направления стратегического развития строительной отрасли как основа для формирования стратегии развития строительных предприятий // Молодежный научный форум: общественные и экономические науки. 2017. Т. 45. № 5. С. 128–132.
- 2 Огрель Л. Полимеры и изделия: межотраслевое противоречие // Пластик: индустрия переработки пластмасс. 2021. Т. 208. № 1–2. С. 12–16.
- 3 Григорович М.А. Историко-экономический аспект развития производства поливинилхлорида (ПВХ) и изделий из него // Наука и современность. 2015. Т. 5. № 3. С. 9–17. doi: 10.17117/ns.2015.03.009
- 4 Jie Yu, Lushi S., Chuan M., Yu Q., Hong Y. et al. Thermal degradation of PVC: A review // Waste Management. 2016. V. 48. P. 300–314. doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.041
- 5 Лавров Н.А. Полимерные смеси на основе поливинилхлорида (обзор) // Пластические массы. 2020. № 3–4. С. 55–59. doi: 10.35164/0554–2901–2020–3–4–55–59
- 6 Khuziakhmetova K., Abdrakhmanova L., Nizamov R. Polymer Mixtures Based on Polyvinyl Chloride for the Production of Construction Materials // Lecture Notes in Civil Engineering. 2021. V. 169. P. 14–21. doi: 10.1007/978–3–030–80103–8_2
- 7 Абдрахманова Л.А., Хузиахметова К.Р., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Модификаторы для жестких поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2020. № 12. С. 34–39. doi: 10.31659/0585–430X-2020–787–12–34–39
- 8 Gilbert M. Brydon's Plastics Materials 8th Edition. United Kingdom: Kindle Edition, 2017. 863 p.
- 9 Sabah F., En-Naji A., Wahid A., El Ghorba M. et al. Study of damage of the specimens in acrylonitrile butadiene styrene (ABS), based on a static damage study and damage by unified theory to predict the life of the material // Key Engineering Materials. 2019. V. 820. P. 40–47. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.820.40
- 10 Hu D., Zhou Q., Zhou K. Combined effects of layered nanofillers and intumescent flame retardant on thermal and fire behavior of ABS resin // Journal of Applied Polymer Science. 2019. V. 136. P. 48220. doi: 10.1002/app.48220
- 11 Bano S., Ramzan N., Iqbal T., Mahmood H. et al. Study of thermal degradation behavior and kinetics of ABS/PC blend Polish // Polish Journal of Chemical Technology. 2020. V. 22. № 3. P. 64–69. doi: 10.2478/pjct-2020–0029
- 12 Lu G., Wu Y., Zhang Y., Wang K. et al. Surface Laser-Marking and Mechanical Properties of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer Composites with Organically Modified Montmorillonite // ACS Omega 5. 2020. V. 30. № 5. P. 19255–19267. doi: 10.1021/acsomega.0c02803

- 13 Simionescu T.M., Spiridon I., Varganici C.D., Darie-Nita R.N. et al. An experimental study on mechanical and thermal behavior of acrylonitrile butadiene styrene enhanced with fire retardants // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2020. V. 3019. P. 773–783. doi: 10.30638/EEMJ.2020.073
- 14 Kurek A.P., Dotto M.E.R., de Araújo P.H.H., Sellin N. Evaluation of the etching and chrome plating on the ABS, PVC, and PVC/ABS blends surface // *Journal of Applied Polymer Science*. 2017. V. 134. doi: 10.1002/APP.44571
- 15 Li Y., Lv L., Wang W., Zhang J. et al. Effects of chlorinated polyethylene and antimony trioxide on recycled polyvinyl chloride/acryl-butadiene-styrene blends: Flame retardancy and mechanical properties // *Polymer*. 2020. V. 190. doi: 10.1016/j.polymer.2020.122198
- 16 Jaidev K., Suresh S.S., Gohatre O.K., Biswal M. et al. Development of recycled blends based on cables and wires with plastic cabinets: An effective solution for value addition of hazardous waste plastics // *Waste Manag Res*. 2020. V. 38. № 3. P. 312–321. doi: 10.1177/0734242X19890918
- 17 Kianfar E. (PVC / ABS) and Nanocomposite (CAU-10-H) Composite Membrane for Separation of C₂H₆ from CH₄ // *Fine Chem. Eng*. 2020. V. 1. P. 59–68. doi: 10.37256/fce.122020476
- 18 Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. СПб: Научные основы и технологии, 2009. 380 с.
- 19 Pareek K., Saha P. Basalt Fiber and Its Composites: An Overview // *Conference: Proceeding of National Conference on Advances in Structural Technologies (coAST-2019)*, 1–3 February 2019. Silchar, 2019. P. 53–62.
- 20 Амерханова Г.И., Кияненко Е.А., Зенитова Л.А. Базальтовое волокно – наполнитель полиуретанов // *Вестник технологического университета*. 2020. Т. 23. № 8. С. 24–29.

References

- 1 Buhebut M.S., Kisel' T.N. Directions of strategic development of the construction industry as a basis for the formation of the development strategy of construction enterprises. *Youth Scientific Forum: Social and Economic Sciences*. 2017. vol. 45. no. 5. pp. 128–132. (in Russian).
- 2 Ogel' L. Polymers and products: interindustry contradiction. *Plastiks: the plastics processing industry*. 2021. vol. 208. no. 1–2. pp.12–16. (in Russian).
- 3 Grigorovich M.A. Historical and economic aspect of the development of polyvinyl chloride (PVC) and PVC products. *Science and Modernity*. 2015. vol. 5. no. 3. pp. 9–17. doi: 10.17117/ns.2015.03.009 (in Russian).
- 4 Jie Yu, Lushi S., Chuan M., Yu Q., Hong Y. and et al. Thermal degradation of PVC: A review. *Waste Management*. 2016. vol. 48. pp. 300–314. doi: 10.1016/j.wasman.2015.11.041
- 5 Lavrov N.A., Beluhichev E.V. Polymer blends based on polyvinyl chloride (review). *Plastic masses*. 2020. no. 3–4. pp. 55–59. doi: 10.35164/0554–2901–2020–3–4–55–59 (in Russian).
- 6 Khuziaxmetova K., Abdrakhmanova L., Nizamov R. Polymer Mixtures Based on Polyvinyl Chloride for the Production of Construction Materials. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2021. vol. 169. pp. 14–21. doi: 10.1007/978–3–030–80103–8_2
- 7 Abdrakhmanova L.A., Huziaxmetova K.R., Nizamov R.K., Hozin V.G. Modifiers for rigid polyvinyl chloride compositions for building purposes. *Building Materials*. 2020. no. 12. pp. 34–39. doi: 10.31659/0585–430X-2020–787–12–34–39 (in Russian).
- 8 Gilbert M. Brydon's *Plastics Materials* 8th Edition. United Kingdom, Kindle Edition, 2017. 863 p.
- 9 Sabah F., En-Naji A., Wahid A., El Ghorba M. et al. Study of damage of the specimens in acrylonitrile butadiene styrene (ABS), based on a static damage study and damage by unified theory to predict the life of the material. *Key Engineering Materials*. 2019. vol. 820. pp. 40–47. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.820.40
- 10 Hu D., Zhou Q., Zhou K. Combined effects of layered nanofillers and intumescent flame retardant on thermal and fire behavior of ABS resin. *Journal of Applied Polymer Science*. 2019. vol. 136. pp. 48220. doi: 10.1002/app.48220
- 11 Bano S., Ramzan N., Iqbal T., Mahmood H. and et al. Study of thermal degradation behavior and kinetics of ABS/PC blend Polish. *Polish Journal of Chemical Technology*. 2020. vol. 22. no. 3. pp. 64–69. doi: 10.2478/pjct-2020–0029
- 12 Lu G., Wu Y., Zhang Y., Wang K. et al. Surface Laser-Marking and Mechanical Properties of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Copolymer Composites with Organically Modified Montmorillonite. *ACS Omega* 5. 2020. vol. 30. no. 5. pp. 19255–19267. doi: 10.1021/acsomega.0c02803
- 13 Simionescu T.M., Spiridon I., Varganici C.D., Darie-Nita R.N. et al. An experimental study on mechanical and thermal behavior of acrylonitrile butadiene styrene enhanced with fire retardants. *Environmental Engineering and Management Journal*. 2020. vol. 3019. pp. 773–783. doi: 10.30638/EEMJ.2020.073
- 14 Kurek A.P., Dotto M.E.R., de Araújo P.H.H., Sellin N. Evaluation of the etching and chrome plating on the ABS, PVC, and PVC/ABS blends surface. *Journal of Applied Polymer Science*. 2017. vol. 134. doi: 10.1002/APP.44571
- 15 Li Y., Lv L., Wang W., Zhang J. et al. Effects of chlorinated polyethylene and antimony trioxide on recycled polyvinyl chloride/acryl-butadiene-styrene blends: Flame retardancy and mechanical properties. *Polymer*. 2020. vol. 190. doi: 10.1016/j.polymer.2020.122198
- 16 Jaidev K., Suresh S.S., Gohatre O.K., Biswal M. et al. Development of recycled blends based on cables and wires with plastic cabinets: An effective solution for value addition of hazardous waste plastics. *Waste Manag Res*. 2020. vol. 38. no. 3. pp. 312–321. doi: 10.1177/0734242X19890918
- 17 Kianfar E. (PVC / ABS) and Nanocomposite (CAU-10-H) Composite Membrane for Separation of C₂H₆ from CH₄. *Fine Chem. Eng*. 2020. vol. 1. pp. 59–68. doi: 10.37256/fce.122020476
- 18 Perepelkin K.E. Reinforcing fibers and fiber polymer composites. SPb, Scientific foundations and technologies, 2009. 380 p. (in Russian).
- 19 Pareek K., Saha P. Basalt Fiber and Its Composites: An Overview. *Conference: Proceeding of National Conference on Advances in Structural Technologies (coAST-2019)*, 1–3 February 2019. Silchar, 2019. pp. 53–62.
- 20 Amerhanova G.I., Kiyankenko E.A., Zenitova L.A. Basalt fiber – polyurethane filler. *Bulletin of technological university*. 2020. vol. 23. no. 8. pp. 24–29. (in Russian).

Сведения об авторах

Карина Р. Хузиахметова аспирант, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, karina261996@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5313-3147>

Анвар М. Исламов к.т.н., младший научный сотрудник, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, iam16@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Ляйля А. Абдрахманова д.т.н., профессор, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, laa@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>

Рашид К. Низамов д.т.н., профессор, кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ул. Зеленая, 1, г. Казань, 420043, Россия, nizamov@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Karina R. Khuziakhetova postgraduate student, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, karina261996@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-5313-3147>

Anvar M. Islamov Cand. Sci. (Engin.), junior researcher, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, iam16@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Lyailya A. Abdrakhmanova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, laa@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-3905-5730>

Rashit K. Nizamov Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of building materials, products and constructions department, Kazan State University of Architecture and Engineering, Zelenaya Str., 1, Kazan 420043, Russia, nizamov@kgasu.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-8552-5855>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 13/01/2022	После редакции 08/02/2022	Принята в печать 01/03/2022
Received 13/01/2022	Accepted in revised 08/02/2022	Accepted 01/03/2022