

Известия вузов. Строительство. 2022. № 6. С. 46–55.

ISSN 0536-1052

News of Higher Educational Institutions. Construction. 2022; (6): 46–55.

ISSN 0536-1052

Научная статья

УДК 625.691.175

DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-46-55

## **КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ СМЕСИ ПОЛИМЕРОВ ПОЛИВИНИЛХЛОРИД/АКРИЛОНИТРИЛ-БУТАДИЕН-СТИРОЛ И БАЗАЛЬТОВЫХ ВОЛОКНИСТЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ**

**Карина Рустамовна Хузиахметова, Анвар Махмутович Исламов,  
Ляйля Абдулловна Абдрахманова, Рашит Курбангалиевич Низамов**  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет,  
Казань, Россия

**Аннотация.** В работе изучалось влияние концентрации сополимера акрилонитрил-бутadiен-стирола в смеси полимеров поливинилхлорид/акрилонитрил-бутadiен-стирол на эффективность базальтовых волокнистых наполнителей в качестве армирующего компонента и возможности получения на их основе композитов с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Выявлено, что использование базальтовых волокон длиной 6,4 и 12,7 мм приводит к увеличению прочности при растяжении и изгибе по сравнению с ненаполненными композициями. Присутствие базальтовой фибры длиной 0,1–0,5 мм отрицательно сказывается на прочности ввиду наличия на поверхности водорастворимого замасливателя, который в процессе экструзии испаряется, образуя пористую структуру. Полученные композиции могут быть рекомендованы для производства профильно-погонажных изделий.

**Ключевые слова:** поливинилхлорид, акрилонитрил-бутadiен-стирольный сополимер, смеси полимеров, базальтовое волокно, наполнение

**Для цитирования:** Хузиахметова К.Р., Исламов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Композиции на основе смеси полимеров поливинилхлорид/акрилонитрил-бутadiен-стирол и базальтовых волокнистых наполнителей // Известия вузов. Строительство. 2022. № 6. С. 46–55. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-46-55.

Original article

## **COMPOSITIONS BASED ON POLYMER BLEND POLYVINYL CHLORIDE/ACRYLONITRILE BUTADIENE STYRENE AND BASALT FIBER FILLERS**

**Karina R. Khuziakhmetova, Anvar M. Islamov, Lyailya A. Abdrakhmanova,  
Rashit K. Nizamov**  
Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia

**Abstract.** This paper examined the effect of the concentration of acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer in a blend of polyvinyl chloride/acrylonitrile-butadiene-styrene polymers on the effectiveness of basalt fiber fillers as a reinforcing component and the possibi-

---

© Хузиахметова К.Р., Исламов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К.,  
2022

lity of producing composites based on them with high physical, mechanical and performance properties. It has been found that the use of 6,4 and 12,7 mm long basalt fibers results in an increase in tensile and flexural strength compared to unfilled compositions. At the same time, the presence of basalt fiber 0,1–0,5 mm long negatively affects the strength due to the presence of a water-soluble lubricant on the surface, which evaporates during extrusion to form a porous structure. The obtained compositions can be recommended to the production of profiles for construction application.

**Keywords:** polyvinyl chloride, acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer, polymer blends, basalt fiber, filling

**For citation:** Khuziakhmetova K.R., Islamov A.M., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Compositions based on polymer blend polyvinyl chloride/acrylonitrile butadiene styrene and basalt fiber fillers. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2022; (6): 46–55. (In Russ.). DOI: 10.32683/0536-1052-2022-762-6-46-55.

**1. Введение.** Современные армированные полимерные материалы конструкционного назначения имеют важное значение в строительстве, поскольку обладают не только высокими физико-механическими характеристиками, но и низкой стоимостью конечного изделия [1]. В последнее время активно исследуется вопрос о возможности применения базальтового волокна в качестве армирующего компонента для полимеров. В первую очередь это связано с дешевизной данного наполнителя по сравнению с традиционными стеклянными и углеродными волокнами. Также в ряде работ отмечается, что базальтовое волокно является альтернативой стекловолокна (Е-стекло), которому отдается большее предпочтение несмотря на то, что модуль упругости, прочность при растяжении и предельная температура эксплуатации значительно ниже, чем у первого [2–4].

Введение базальтовых волокон в полимерное связующее является перспективным направлением, так как матрица создает монолитность материала, а волокнистый наполнитель распределяет механические нагрузки, что определяет основные механические свойства – прочность, деформативность, жесткость [5].

В качестве связующей матрицы могут использоваться термопластичные, термореактивные полимеры и смеси полимеров на их основе [5]. Многофазные полимерные матрицы представляют наибольший интерес в связи с тем, что их получение не требует дорогостоящего синтеза новых веществ, закупки дополнительного оборудования, а также имеется возможность изготавливать новые материалы с требуемыми свойствами в короткие сроки [6]. Необходимо иметь в виду, что сведения об отдельных компонентах не дают исчерпывающей информации о свойствах смесей полимеров, поскольку при переработке могут наблюдаться структурные изменения [7], влияющие на прочностные свойства [8].

Благодаря высоким физико-механическим и эксплуатационным свойствам материалы на основе поливинилхлорида (ПВХ) зарекомендовали себя как универсальные термопластичные строительные композиты [9], изделия из которых представляют собой смесь полимеров в присутствии волокнистых наполнителей. Обзорный поиск показал, что базальтовые волокна эффективны при их использовании в высоконаполненных ПВХ-рецептурах. Например, с целью повышения совместимости компонентов в высоко-

наполненную ПВХ-композицию (ПВХ/керамический отход – 60/40) в разных концентрациях было введено базальтовое волокно. Оптимальное содержание базальтового волокна (10 % от массы ПВХ-композиции) позволило увеличить прочность при растяжении на 64,9 %, при изгибе на 19,2 и при ударе на 121,3 % по сравнению с эталоном [10].

При введении до 7,5 м.ч. коротковолокнистой базальтовой фибры (длина 100–500 мкм) в древесно-полимерную ПВХ-композицию (50 м.ч. древесной муки на 100 м.ч. ПВХ) обнаружено, что прочность при растяжении практически не изменяется, а при изгибе увеличивается на 22 %. Базальтовая фибра способствовала связыванию древесной муки, за счет чего водопоглощение снизилось на 32 % [11]. В работе [12] оптимальное соотношение высоконаполненной ПВХ-композиции (ПВХ/рисовая шелуха/базальтовое волокно – 50/42/8) обеспечило увеличение ударной прочности на 12 % и твердости по Роквеллу на 29 %. При этом данный прирост был достигнут путем дополнительной обработки волокна силаном.

Из вышеописанного следует, что базальтовые волокна могут связывать между собой компоненты высоконаполненных ПВХ-рецептур, приводя к упрочнению композитов. Вероятно, наличие волокнистого наполнителя может повысить совместимость, в том числе в многофазной полимерной матрице на основе смесей полимеров [13]. В связи с этим в данной работе изучалось влияние концентрации сополимера акрилонитрил-бутадиен-стирола (АБС) в смеси полимеров ПВХ/АБС на эффективность базальтовых волокнистых наполнителей в качестве армирующего компонента и возможности получения на их основе композитов с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами.

## **2. Материалы и методы исследования.**

*Сырьевые материалы.* В работе осуществлялось наполнение композиций на основе смеси полимеров ПВХ/АБС, м.ч.:

ПВХ	100
Сополимер АБС	0; 7; 10; 20; 30; 40
Двухосновный стеарат свинца	5
Стеарат кальция	3
Базальтовый наполнитель	7

В качестве полимеров смеси были использованы суспензионный поливинилхлорид марки ПВХ-С-6359-М и сополимер АБС марки АБС-20П, количество которого варьировалось от 0 до 40 м.ч. Данные композиции предназначаются для получения профильно-погонажных изделий, поэтому содержат 5 м.ч. комплексного термостабилизатора двухосновного стеарата свинца марки АКСТАВ Рb BLS 51 (CAS 56189-09-4) и 3 м.ч. стабилизатора-смазки стеарат кальция (ТУ 6-09-4104-87).

Базальтовый наполнитель вводился в количестве 7 м.ч., в качестве которого использовались:

коротковолокнистая модифицированная базальтовая фибра производства СЕММIX (ТУ 20.59.59-001-90557835–2017), замасленная водорастворимым щелочестойким КВ42, со средним диаметром волокна 8–10 мкм и средней длиной 0,1–0,5 мм;

рубленое базальтовое волокно марки БС17-6,4(1/4”)р-КВ13 производства ООО «Каменный Век» с силиновым замасливателем типа КВ13, диаметр элементарного волокна которого составляет 13 мкм, а длина чопы 6,4 мм;

рубленое базальтовое волокно марки БС17-12,7(1/2”) р-КВ13 производства ООО «Каменный Век» с силиновым замасливателем типа КВ13, диаметр элементарного волокна которого 17 мкм, а длина чопы 12,7 мм.

*Получение композитов.* Компоненты композиции подвергались сухому смешению на лабораторном диссольтере с трехлопастной пропеллерной насадкой серии ЛДУ-3 МПР при 700 об/мин в течение 4 мин.

Приготовленные композиции перерабатывались на лабораторном двухшнековом экструдере LabTech Scientific LTE 16-40 с фильерой прямоугольного сечения (22×2 мм). Все композиции экструдировались при одинаковых режимах, а именно скорости вращения шнеков 25 об/мин и температурном профиле 190–200 °С, плавно изменяющимся по десяти зонам цилиндра от начала загрузки до головки экструдера. Полученные композиты представляли собой плоские профили, из которых вырубались или вырезались образцы для различных испытаний.

*Методы исследования.* Определение прочности при растяжении проводилось на разрывной машине РМ-250 по ГОСТ 11262–2017. Каждая композиция испытывалась на пяти образцах при скорости растяжения (перемещения траверсы) 100 мм/мин.

Прочность при изгибе устанавливалась на разрывной машине РМ-250 по ГОСТ 4648–2014 на пяти образцах при скорости испытания 50 мм/мин.

Средняя плотность определялась методом обмера и взвешивания трех образцов правильной геометрической формы по ГОСТ 15139–69.

Исследование поверхности базальтовых волокон и структуры композитов, содержащих их, проводилось на лабораторном поляризационном микроскопе Axioskop 40 Pol в режимах проходящего и отраженного света при увеличении 100 и 1000 крат.

**3. Результаты и обсуждение.** На начальном этапе было исследовано влияние сополимера АБС на механические свойства ПВХ-композиций без содержания наполнителя. Как видно из графиков на рис. 1, а, увеличение содержания АБС практически не оказывает существенного влияния на прочность при растяжении получаемых композитов. Для прочности при изгибе (рис. 1, б) наблюдается небольшое снижение значений (на 23 %) с максимумом при концентрации 10 м.ч., после прохождения которого характерна тенденция возвращения к исходным значениям. Как известно, в смесях полимеров ПВХ/АБС с увеличением содержания АБС снижается жесткость матрицы ПВХ, благодаря чему материалы на их основе легче перерабатываются и имеют высокие показатели деформативности и стойкости к удару. Более заметное снижение механических показателей обычно происходит при содержании АБС более 40–50 % [14]. Средняя плотность смеси полимеров (рис. 1, в) с увеличением количества АБС закономерно снижается из-за меньшей плотности самого сополимера АБС (1,04 г/см<sup>3</sup>) в сравнении с ПВХ (1,35 г/см<sup>3</sup>).

Следующим этапом исследований было изучение свойств ПВХ-композиций при введении 7 м.ч. базальтового наполнителя, а именно определение влияния длины базальтовых волокон при разной концентрации АБС. Данная

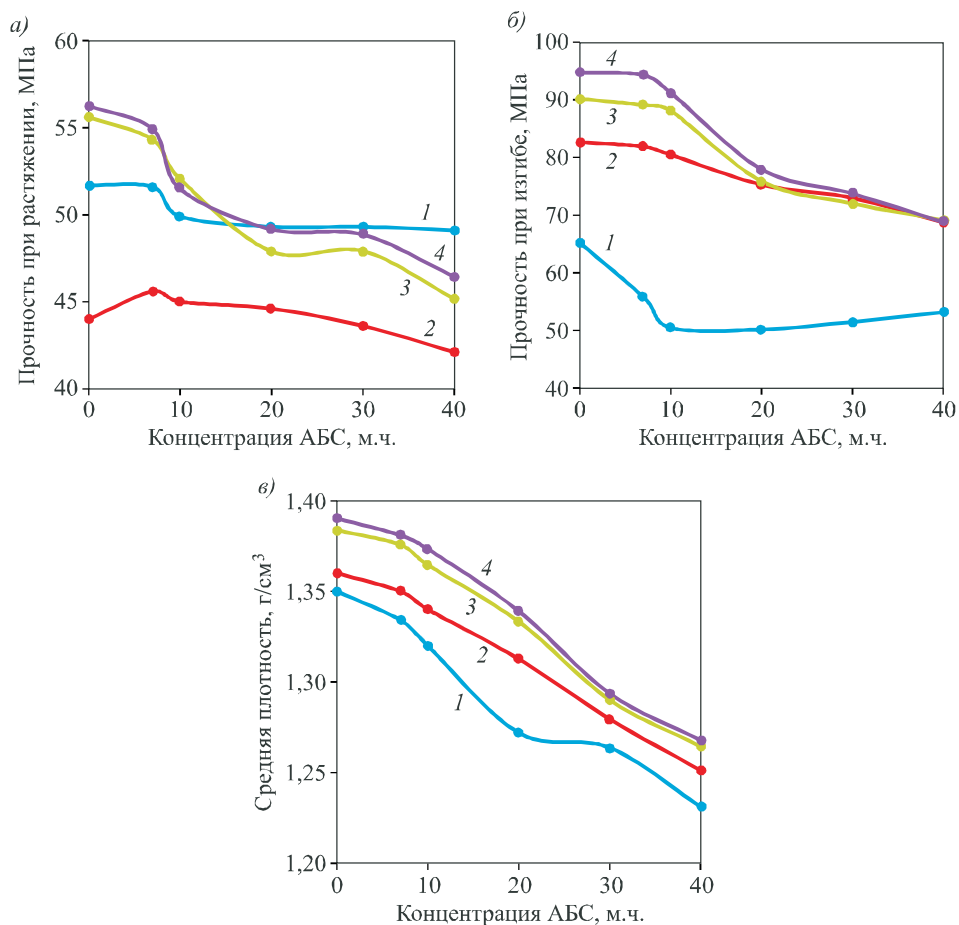


Рис. 1. Влияние концентрации сополимера АБС на прочность при растяжении (а), при изгибе (б) и на среднюю плотность (в) ПВХ-композитов, содержащих 7 м.ч. базальтового наполнителя разной длины

1 – без наполнителя; 2 – 0,1–0,5 мм; 3 – 6,4 мм; 4 – 12,7 мм

Fig. 1. Effect of ABS copolymer concentration on tensile strength (a), flexural strength (б) and on average density (c) of PVC composites containing 7 phr of basalt filler of different lengths

1 – without filler; 2 – 0.1–0.5 mm; 3 – 6.4 mm; 4 – 12.7 mm

концентрация была выбрана исходя из того, что в большинстве случаев при изготовлении жестких ПВХ-изделий в составе композиций содержатся порошкообразные или волокнистые наполнители в количестве до 10 м.ч. Это связано с тем, что обычно при данных концентрациях улучшаются ключевые физические характеристики материала (прочность, модуль упругости и др.) без заметного снижения перерабатываемости расплава композиций [15].

Анализ кривых на рис. 1 показал, что базальтовая фибра с самой короткой длиной волокна (0,1–0,5 мм) в композитах ведет себя как мелкодисперсный инертный наполнитель. В частности, происходит снижение показателей прочности при растяжении (на 11–14%). Тем не менее, меньшая длина волокон все же способна оказывать армирующее действие на композиты, которое проявляется в росте прочности при изгибе (на 27–58%). Изменение количе-

ства АБС в полимерной матрице ПВХ/АБС сильного влияния не оказывает. Вероятнее всего, как в ПВХ, так и в смесях ПВХ/АБС, имеет место слабое взаимодействие на границе раздела фаз полимерная матрица-наполнитель из-за их разной природы. Исходя из оптимума свойств, оптимальной концентрацией АБС при использовании базальтовой фибры (с длиной волокон 0,1–0,5 мм) является 7 м.ч.

Базальтовые наполнители с большей длиной волокна (6,4 и 12,7 мм) оказывают выраженное армирующее действие на полимерную матрицу. Наибольший прирост прочностных показателей наблюдается при содержании АБС до 7 м.ч. Особенно сильно это проявляется на показателях прочности при изгибе, причем данный эффект возрастает с увеличением длины базальтовых волокон. При содержании АБС 7 м.ч. прирост прочности на изгиб составляет 38,5 и 46 % при длине волокна 6,4 и 12,7 мм соответственно.

Показатели средней плотности наполненных композитов также закономерно снижаются с увеличением содержания сополимера АБС, но по абсолютным значениям все же имеют небольшой прирост по сравнению с ненаполненными композициями, поскольку средняя плотность базальтовых волокон (2,52–2,97 г/см<sup>3</sup>) больше, чем у полимерной матрицы. При этом прирост плотности образцов, содержащих наполнитель с короткой длиной волокна (0,1–0,5 мм), примерно в 2 раза ниже по сравнению с образцами, наполненными волокном большей длины (6,4 и 12,7 мм).

Изучение структуры ПВХ-композитов, формирующейся в результате наполнения, проводилось методом оптической микроскопии. Микрофотографии базальтовых наполнителей (рис. 2) показали, что практически все волокна имеют гладкую ровную поверхность без каких-либо неоднородностей, трещин и пористости. Диаметры волокон, в целом, соответствуют значениям, заявленным изготовителями. Базальтовая фибра с самой короткой длиной волокна имеет диаметр волокон, равный 1–8 мкм. Для более длинных волокон присущ больший диаметр: для наполнителя со средней длиной 6,4 мм диаметр волокон равен 9 мкм, а для длины 12,7 мм – 20 мкм.

Структура ПВХ-композитов оценивалась на продольном срезе, параллельном к направлению экструзии. Анализ показал, что введение базальтовой фибры с короткой длиной волокна (рис. 3) приводит к образованию в образцах пор размерами 0,1–0,3 мм. Изначально данный вид базальтового наполнителя был предназначен для объемного армирования цементных

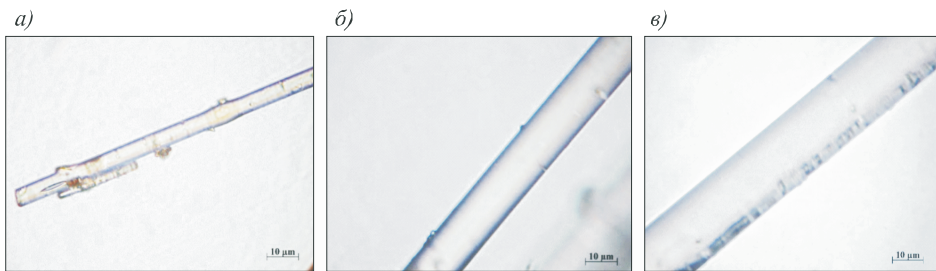
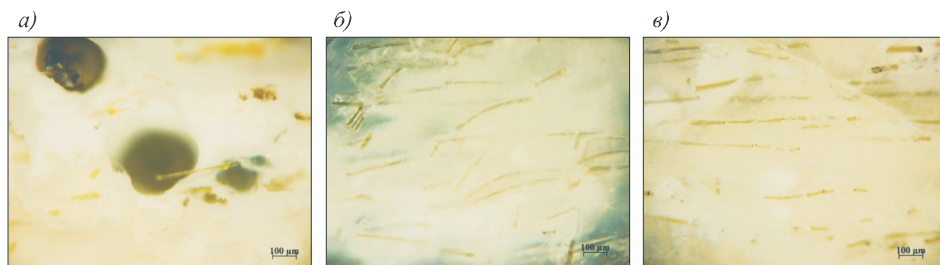


Рис. 2. Микроструктура поверхности базальтовых волокон длиной 0,1–0,5 мм (а); 6,4 мм (б); 12,7 мм (в)

Fig. 2. Microstructure of the surface of basalt fibers of length 0.1–0.5 mm (a); 6.4 mm (b); 12.7 mm (c)





*Рис. 3.* Микроструктура продольного среза ПВХ-композиов, содержащих 7 м.ч. сополимера АБС и 7 м.ч. базальтового наполнителя с длиной волокон 0,1–0,5 мм (а); 6,4 мм (б); 12,7 мм (в)

*Fig. 3.* The microstructure of the longitudinal section of PVC composites containing 7 phr ABS copolymer and 7 phr basalt filler with fiber length 0.1–0.5 mm (a); 6.4 mm (b); 12.7 mm (c)

бетонов, строительных растворов и композиционных материалов [16]. Поэтому для увеличения адгезионных свойств и диспергации в водной среде матрицы базальтовые волокна в процессе изготовления обрабатываются гидрофильными замасливателями на водной основе, содержание которых составляет 8–10 %. Исходя из этого, возникновение пор в процессе экструзии, вероятнее всего, можно связать с испарением остаточной влажности волокон либо летучих органических веществ. Эти процессы снижают эффективность данного типа базальтового наполнителя для упрочнения ПВХ-композиов.

В свою очередь, базальтовые наполнители с длиной волокна 6,4 и 12,7 мм равномерно распределяются в матрице полимеров ПВХ/АБС без образования агломератов, неоднородностей и пустот (см. рис. 3, б, в). Это согласуется с возрастанием прочностных свойств композиов и их более высокой плотностью, показанных ранее. При этом изменение концентрации сополимера АБС в композициях визуально не влияет на распределение волокон в полимерной матрице.

**4. Заключение.** Исследования показывают эффективность использования базальтовых волокнистых наполнителей для модификации смесей полимеров ПВХ/АБС. Применение рубленых волокон длиной 6,4 и 12,7 мм позволяет получать композиционные материалы, обладающие повышенной прочностью при растяжении и изгибе. Волокна в полученных композитах диспергированы равномерно, не выявлено образование дефектов и неоднородностей структуры. Изменение соотношения в полимерной смеси ПВХ/АБС показало, что с увеличением содержания сополимера АБС прочностные свойства и средняя плотность композиов снижаются, что говорит о его эластифицирующем действии. Исходя из совокупного модифицирующего эффекта, оптимальной концентрацией АБС является 7 м.ч.

Использование в полимерных композициях наполнителей с водорастворимыми замасливателями нежелательно, поскольку их испарение в процессе высокотемпературной переработки (экструзии) способствует образованию пор и пустот в материале, что не позволяет достичь необходимого эффекта увеличения физических и прочностных свойств получаемых композиов.

## Список источников

1. *Rajak D.K. et al.* Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, properties, and applications // *Polymers*. 2019. Vol. 11, no. 10.
2. *Ибатуллина А.Р.* Обзор производителей и сравнение свойств сверхпрочных высокомодульных волокон // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17, № 19. С. 136–139.
3. *Lopresto V., Leone C., De Iorio I.* Mechanical characterisation of basalt fibre reinforced plastic // *Compos. Part B Eng.* 2011. Vol. 42, no. 4.
4. *Амерханова Г.И., Кияненко Е.А., Зенитова Л.А.* Базальтовое волокно – наполнитель полиуретанов // *Вестник Технологического университета*. 2020. Т. 23, № 8. С. 24–29.
5. *Перепелкин К.Е.* Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. СПб.: НОТ, 2009. 380 с.
6. *Islamov A., Fakhrutdinova V., Abdrakhmanova L.* Physical and chemical basics of modification of poly(vinyl chloride) by means of polyisocyanate // *AIP Conference Proceedings*. 2016. Vol. 1698.
7. *Хузиахметова К.Р. и др.* Структура смесей полимеров на основе поливинилхлорида // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. Т. 61, № 3. С. 82–89.
8. *Al-Shalchy S.I. et al.* Mechanical properties of polyvinyl chloride and polypropylene hybrid polymeric nanocomposites for structural applications // *Int. J. Nanoelectron. Mater.* 2020. Vol. 13, no. 2.
9. *Низамов Р.К.* Полифункциональные наполнители для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // *Строительные материалы*. 2006. № 7. С. 68–70.
10. *Li Y. et al.* High-value utilisation of ceramic waste powder in PVC-based composite and basalt fibre reinforcement effect on its performance // *Ceram. Int.* 2022.
11. *Хантимиров А.Г. и др.* Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. Т. 61, № 3. С. 75–81.
12. *Jiang L. et al.* Wear and thermal behavior of basalt fiber reinforced rice husk/polyvinyl chloride composites // *J. Appl. Polym. Sci.* 2021. Vol. 138, no. 13.
13. *Беспалов Ю.А., Коноваленко Н.Г.* Многокомпонентные системы на основе полимеров. Л.: Химия, 1981. 88 с.
14. *Бакнелл К.Б.* Ударопрочные пластики / пер. с англ.; под ред. И.С. Лишанского. Л.: Химия, 1981. 328 с.
15. *Ахмадеев А.С. и др.* Исследование технологических и эксплуатационных свойств композиций на основе ПВХ и стекловолокна // *Вестник Технологического университета*. 2019. Т. 22, № 4. С. 49–53.
16. *Боровских И.В., Морозов Н.М.* Повышение долговечности базальтовой фибры в цементных бетонах // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2012. Т. 20, № 2. С. 160–165.

## References

1. *Rajak D.K. et al.* Fiber-reinforced polymer composites: Manufacturing, properties, and applications. *Polymers*. 2019; 11(10).
2. *Ibatullina A.R.* Review of manufacturers and comparison of the properties of heavy-duty high-modulus. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the Kazan Technological University*. 2014; 17(19): 136–139. (In Russ.).



3. Lopresto V., Leone C., De Iorio I. Mechanical characterisation of basalt fibre reinforced plastic. *Compos. Part B Eng.* 2011; 42(4).
4. Amerkhanova G.I., Kiyanenko E.A., Zenitova L.A. Basalt fiber – polyurethane filler. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the University of Technology.* 2020; 23(8): 24–29. (In Russ.).
5. Perepelkin K.E. Reinforcing fibers and fiber polymer composites. St. Petersburg, 2009. 380 p. (In Russ.).
6. Islamov A., Fakhrutdinova V., Abdrakhmanova L. Physical and chemical basics of modification of poly(vinyl chloride) by means of polyisocyanate. *AIP Conference Proceedings.* 2016; (1698).
7. Khuziakhmetova K.R. et al. Structure of polymer mixtures based on polyvinyl chloride. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering.* 2022; 61(3): 82–89. (In Russ.).
8. Al-Shalchy S.I. et al. Mechanical properties of polyvinyl chloride and polypropylene hybrid polymeric nanocomposites for structural applications. *Int. J. Nanoelectron. Mater.* 2020; 13(2).
9. Nizamov R.K. Polyfunctional fillers for polyvinyl chloride compositions for construction purposes. *Stroitel'nye materialy = Building materials.* 2006; (7): 68–70. (In Russ.).
10. Li Y. et al. High-value utilisation of ceramic waste powder in PVC-based composite and basalt fibre reinforcement effect on its performance. *Ceram. Int.* 2022.
11. Khantimirov A.G. et al. Wood-polymer composites based on polyvinyl chloride reinforced by basalt fiber. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering.* 2022; 61(3): 75–81. (In Russ.).
12. Jiang L. et al. Wear and thermal behavior of basalt fiber reinforced rice husk/polyvinyl chloride composites. *J. Appl. Polym. Sci.* 2021; 138(13).
13. Bepalov Yu.A., Konovalenko N.G. Multicomponent systems based on polymers. Leningrad, 1981. 88 p. (In Russ.).
14. Baknell K.B. Impact-resistant plastics. Leningrad, 1981. 328 p. (In Russ.).
15. Akhmadeev A.S. et al. The study of technological and performance properties of compositions based on PVC and glass fiber. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of the University of Technology.* 2019; 22(4): 49–53. (In Russ.).
16. Borovskikh I.V., Morozov N.M. Increasing the durability of basalt fiber in cement concrete. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta = Proceedings of the Kazan State University of Architecture and Civil Engineering.* 2012; 20(2): 160–165. (In Russ.).

#### **Информация об авторах**

**К.Р. Хузиахметова** – аспирант, karina261996@mail.ru

**А.М. Исламов** – кандидат технических наук, доцент, iam16@yandex.ru

**Л.А. Абдрахманова** – доктор технических наук, профессор, laa@kgasu.ru

**Р.К. Низамов** – доктор технических наук, профессор, nizamov@kgasu.ru

#### **Information about the authors**

**K.R. Khuziakhmetova** – Post-graduate Student, karina261996@mail.ru

**A.M. Islamov** – PhD, Ass. Professor, iam16@yandex.ru

**L.A. Abdrakhmanova** – DSc, Professor, laa@kgasu.ru

**R.K. Nizamov**– DSc, Professor, nizamov@kgasu.ru

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 21.03.2022  
Одобрена после рецензирования 20.04.2022  
Принята к публикации 27.05.2022

The article was submitted 21.03.2022  
Approved after reviewing 20.04.2022  
Accepted for publication 27.05.2022

---