

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЖИДКИХ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ И ДИСПЕРСНО-ВОЛОКНИСТОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Е.В. Гусев<sup>1</sup>, Н.А. Набойщикова<sup>2</sup>, Т.А. Агеева<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кафедра энергетики теплотехнологий и газоснабжения, Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина, ул. Рабфаковская, 34. Иваново, Российская Федерация, 153003  
E-mail: gusev\_pcm@mail.ru

<sup>2</sup>Кафедра химии и технологии высокомолекулярных соединений, Ивановский государственный химико-технологический университет, пр. Шереметевский, 7, Иваново, Российская Федерация, 153000  
E-mail: natalina.nn13@gmail.com, tageeva@isuct.ru

*Предложены рациональные составы полимерного композиционного материала и оценены технологические предпосылки получения технических изделий химического машиностроения на основе жидких резольных фенолоформальдегидных смол и дисперсного волокнистого наполнителя, полученного механической переработкой отходов фибрового производства целлюлозно-бумажной промышленности. Определены и апробированы способы и режимы технологических стадий: подготовки сырьевых материалов и их смеси, получения полимерно-дисперсно-наполненного пресс-материала и горячего формования (прессования) изделий. Приведены рекомендации по аппаратурно-технологическому оформлению технологических стадий получения полимерного композиционного материала с качественными характеристиками и улучшению свойств композита. Установлены закономерности физико-механических свойств (при сжатии, растяжении, изгибе, ударной вязкости, степени влаго- и маслопоглощения) композитов от содержания дисперсного волокнистого наполнителя при рекомендуемых технологических параметрах термопрессования (температура 170 °С, удельное давление 20 МПа, время выдержки 1 мин на 1 мм толщины изделия). Наглядно показано, что пределом увеличения содержания дисперсного волокнистого наполнителя в исследуемых фенопластовых образцах является их наполняемость до 40-60%, свыше которых снижаются механические показатели и резкое превышение допустимых норм по влаго- и маслопоглощению для фенопластов технического назначения. Полученные результаты исследования позволяют рекомендовать приведенные составы на основе жидких резольных фенолоформальдегидных смол и модифицированных волокнистых отходов целлюлозно-бумажной промышленности и аппаратурно-технологическое оформление для производства фенопластовых изделий химического машиностроения.*

*Установлена возможность однородного окрашивания композитов в различные цвета (кроме белого) и получения гладкой блестящей фактуры их поверхности.*

**Ключевые слова:** смола, наполнитель, композит, состав, смешение, формирование, температура, давление, сжатие, растяжение, изгиб, ударная вязкость, маслопоглощение, водопоглощение, трение, износ

## REGULARITIES OF CHANGING THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITES BASED ON LIQUID PHENOLOFORMALDEHYDE RESINS AND DISPERSED FIBER FILLER

E.V. Gusev<sup>1</sup>, N.A. Naboyshchikova<sup>2</sup>, T.A. Ageeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Energy, Heat Technologies and Gas Supply, Ivanovo State Power Engineering University named after V.I. Lenin, st. Rabfakovskaya, 34. Ivanovo, Russian Federation, 153003  
E-mail: gusev\_pcm@mail.ru

<sup>2</sup>Department of Chemistry and Technology of Macromolecular Compounds, Ivanovo State University of Chemical Technology, Sheremetevsky Ave., 7, Ivanovo, Russian Federation, 153000  
E-mail: natalina.nn13@gmail.com, tageeva@isuct.ru

*Rational compositions of a polymer composite material are proposed and technological prerequisites for obtaining technical products of chemical engineering based on liquid resole phenol-formaldehyde resins and a dispersed fibrous filler obtained by mechanical processing of fiber production waste from the pulp and paper industry are evaluated. Methods and modes of technological stages were determined and tested: preparation of raw materials and their mixtures, production of polymer-dispersed-filled press material and hot molding (pressing) of products. Recommendations are given on the hardware and technological design of the technological stages of obtaining a polymer composite material with qualitative characteristics and improving the properties of the composite. The regularities of physical and mechanical properties (in compression, tension, bending, impact strength, degree of moisture and oil absorption) of composites from the content of dispersed fibrous filler at the recommended technological parameters of thermal pressing (temperature 170 °C, specific pressure 20 MPa, exposure time 1 min per 1 mm) product thickness). It is clearly shown that the limit of increasing the content of dispersed fibrous filler in the studied phenolic samples is their filling up to 40-60%, above which mechanical parameters decrease and a sharp excess of the permissible standards for moisture and oil absorption for technical phenolic plastics. The obtained results of the study make it possible to recommend the given compositions based on liquid resole phenol-formaldehyde resins and modified fibrous waste from the pulp and paper industry and equipment and technological design for the production of phenolic products of chemical engineering.*

*The possibility of homogeneous coloring of composites in various colors (except white) and obtaining a smooth shiny texture of their surface has been established.*

**Key words:** resin, filler, composite, composition, mixing, molding, temperature, pressure, compression, stretching, bending, impact strength, oil absorption, water absorption, friction, wear

**Для цитирования:**

Гусев Е.В., Набойщикова Н.А., Агеева Т.А. Закономерности изменения физико-механических свойств композитов на основе жидких фенолоформальдегидных смол и дисперсно-волоконистого наполнителя. *Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва)*. 2022. Т. LXVI. № 2. С. 22–27. DOI: 10.6060/rcj.2022662.4.

**For citation:**

Gusev E.V., Naboyshchikova N.A., Ageeva T.A. Regularities of changing the physical and mechanical properties of composites based on liquid phenol-formaldehyde resins and dispersed fiber filler. *Ros. Khim. Zh.* 2022. V. 66. N 2. P. 22–27. DOI: 10.6060/rcj.2022662.4.

## ВВЕДЕНИЕ

Широкий спектр номенклатуры и применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе различных типов фенолоформальдегидных смол дает основание их использования в утилизации органических отходов фибрового производства целлюлозно-бумажной промышленности для получения композитов различного технического назначения [1–8]. Фенолоальдегидные связующие благодаря относительной дешевизне исходных мономеров и ценному комплексу эксплуатационно-технических свойств композиций на их основе являются широко востребованным сырьем для производства фенопластовых изделий. В связи с этим поиск новых рациональных составов композитов (фенопластов) и аппаратно-технологического оформления получения материалов с требуемыми физико-механическими свойствами для изделий химического машиностроения является одной из актуальных задач отрасли.

В ряде работ установлено, что эксплуатационно-технические свойства композитов во многом зависят от вида и содержания в нем полимерного связующего и волоконистого целлюлозного наполнителя (ВЦН) и их свойств, а также от применяемых технологических способов получения [8–12]. Варьирование состава матрицы и наполнителя, их соотношения может дать возможные варианты ПКМ с требуемым набором свойств и прогнозировать структурообразование композитов по назначению.

Целью исследования являлось получение композитов на основе жидких резольных фенолоформальдегидных смол и модифицированных волоконистых органических отходов фибрового производства с удовлетворяющими физико-механическими свойствами для технических изделий химического машиностроения.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

При создании ПКМ в качестве основных исходных материалов использовались модифици-

рованные отходы фибрового производства (целлюлозной фибры) целлюлозно-бумажной промышленности и синтетические связующие из ряда жидких резольных фенолоформальдегидных смол типов СФЖ-302 и СФЖ-303. В качестве технологических добавок использовались химические вещества: олеиновая кислота, тальк, пигменты.

Свойства и назначение наполненных полимерных композитов определяются их составами и технологическими способами получения.

Технология производства ПКМ связана в первую очередь с предварительной подготовкой (модификацией) наполнителя (сушка, измельчение) и с последующими технологическими стадиями дозирования, смешения, каландрирования, конвективной сушки пластичной смеси, получения прессматериала измельчением смеси до размера частиц 1-2,5 мм, горячего формования (прессования) изделий в обогреваемых металлических формах на гидравлических прессах.

Подготовка полидисперсного ВЦН (волокна с диаметром  $d=5-30$  мкм и длиной  $L=(3-5)d$ ) производилась последовательной механической переработкой отходов целлюлозной фибры посредством элетромеханической гильотиновой резки, среднего измельчения в ударно-роторной дробилке типа ИПР-150 и тонкого помола в ротационной двухступенчатой центробежно-ударной мельнице. Получение однородной пластической массы композиции осуществлялось смешением подготовленных компонентов и технологических добавок в двухвальном лопастном смесителе с последующим силовым каландрированием в обогреваемых вальцах при зазоре между валками 1 мм. Для удаления растворителя из влажной массы и получения сухого прессматериала использовалась тепловая обработка (при температуре воздуха 60-70 °С) смеси в конвективной сушильной установке с последующей механической переработкой высушенной массы в пресспорошок размером не более 2,5 мм при помощи роторного измельчителя типа ИПР-100. Изготовление полимерно-композиционных изделий производилось способом прямого горячего прессования прессматериала в металлических обогреваемых формах на гидравлических прессах при различных составах ПКМ при заданных технологических параметрах термопрессования (температуры, удельного давления, времени выдержки на 1 мм толщины изделия).

#### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 1-3 приведены результаты исследования закономерностей изменения физико-механических свойств образцов ПКМ в зависимости от

степени наполненности при рекомендуемых технологических параметрах термопрессования: температура 170 °С, давление 20 МПа, время выдержки 1 мин на 1 мм толщины изделия.

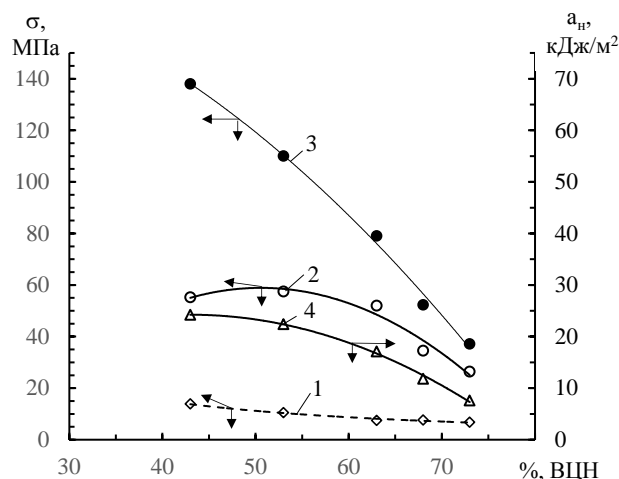


Рис. 1. Механические свойства композита на основе резольной смолы СФЖ-302 и наполнителя (ВЦН) 1 – предел прочности при растяжении, 2 – предел прочности при изгибе, 3 – предел прочности при сжатии, 4 – ударная вязкость

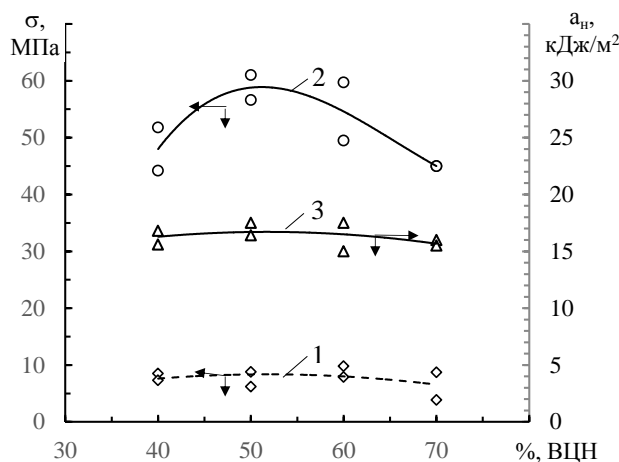


Рис. 2. Механические свойства композита на основе резольной смолы СФЖ-303 и наполнителя (ВЦН) 1 – предел прочности при растяжении, 2 – предел прочности при изгибе, 3 – ударная вязкость

При этом режиме термопрессования происходит наиболее полное протекание физико-химических процессов (отверждения) с образованием густосетчатой трехмерно-пространственной структуры [13, 14].

Исследования производились по стандартным методикам по определению пределов прочности при сжатии, растяжении, статическом изгибе и удельной ударной вязкости, а также степеней влаго- и маслопоглощения [15-18].

Полученные данные отражают закономерности изменения физико-механических свойств ПКМ от содержания дисперсно-волокнутого наполнителя и показывают, что наиболее оптимальные показатели для смолы СФЖ-302 составляют с 50-60% наполнением ВЦН, а для смолы СФЖ-303 с 40-50% содержанием.

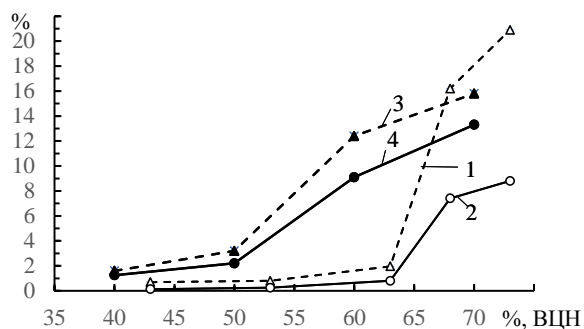


Рис. 3. Степень поглощения композита на основе резольных смол СФЖ-302 и СФЖ-303 и наполнителя (ВЦН)  
СФЖ-302: 1 – по влаге; 2 – по маслу;  
СФЖ-303: 3 – по влаге; 4 – по маслу

При этой наполненности степень поглощения по влаге и трансформаторному маслу имеют допустимые значения для полимерных композиционных изделий технического назначения (рис. 3) [19–21]. Наблюдаемое значительное увеличение характеристик по влаго- и маслопоглощению и снижение механических показателей при наполненности ПКМ свыше 50-60% свидетельствует о разрыхлении межмолекулярной структуры контактного слоя связующего и наполнителя под действием внешних физических факторов [13, 22].

Рекомендуемые составы ПКМ на основе жидких резольных фенолоформальдегидных смол и дисперсно-волокнутого наполнителя приведены в таблице.

Таблица

Состав (% масс.) полимерного композиционного материала на смолах СФЖ-302 и СФЖ-303

ВЦН	Смола СФЖ-302	Смола СФЖ-303	Олеиновая кислота	Тальк
43÷63	50÷30	-	2	5
40÷50	-	53÷43	2	5

Полученные фенопластовые образцы на рекомендуемых составах ПКМ (табл.) отличаются повышенными показаниями удельной ударной вязкости по отношению к техническим изделиям общего назначения в 2-4 раза, что позволяет их рекомендовать для производства изделий химического

машиностроения, воспринимающих ударные динамические нагрузки [21]. В связи с этим были проведены испытания образцов с 50% наполнением ВЦН на изнашивание на машине трения 2070 СМТ-1 при следующих условиях: пара трения диск-колодка, скорость скольжения 3 м/с, нагрузка 2-4 МПа. Интенсивность изнашивания оценивалась по потере массы образцов в единицу времени и составила в среднем 0,2 мм/ч при температуре в зоне контакта пары трения не превышающей 50 °С. Среднее значение коэффициента трения при этом составило 0,37-0,39, а стабильность износа 0,87-0,88. Полученные стабильные данные триботехнических характеристик можно объяснить в основном образованием на поверхностях трения пленок фрикционного переноса. Результаты трибологических испытаний предложенных составов ПКМ дают основание предложить использовать полученные композиты в качестве фрикционных материалов.

Следует отметить, что при формовании изделий из полученных композиционных материалов наблюдается хорошая текучесть прессматериала и однородность окрашивания полученных образцов ПКМ порошковыми неорганическими пигментами (2,5% от общего 100% состава прессматериала) в черный, малиновый, зеленый цвета с получением гладкой блестящей фактуры их поверхности.

## ВЫВОДЫ

1. Разработаны составы и технологические способы получения полимерных композитов с использованием жидких резольных фенолоформальдегидных смол и модифицированных отходов целлюлозной фибры в виде полидисперсного ВЦН для изготовления технических изделий химического машиностроения.

2. Исследования закономерностей изменения физико-механических свойств фенопластовых образцов с учетом содержания ВЦН позволили установить максимальную наполняемость композитов со смолой СФЖ-303 до 60% и со смолой СФЖ-302 до 50% при соблюдении режима термопрессования ПКМ: температура 170 °С, удельное давление 20 МПа, выдержка 1 мин на 1 мм толщины изделия.

Полученные результаты физико-механических свойств фенопластовых образцов: пределы прочности при растяжении 10-15 МПа, при изгибе 55-60 МПа, при сжатии 90-120 МПа и удельной ударной вязкости 15-22 кДж/м<sup>2</sup>, степень поглоще-

ния по влаге 0,7-3,2%, степень поглощения по минеральному (трансформаторному) маслу 0,13-2,2% позволяют рекомендовать использование отходов целлюлозной фибры и технологию получения ПКМ для производства фенопластовых изделий химического машиностроения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Колосова А.С., Сокольская М.К., Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Современные полимерные композиционные материалы и их применение. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2018. № 5-1. С. 245–256.
2. Ершова О.В., Ивановский С.К., Чупрова Л.В., Бахаева А.Н. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 4-1. С. 14–18.
3. Алиева А.П. Композиционные материалы на основе фенолформальдегидных смол. Промышленное производство и использование эластомеров. 2021. № 1. С. 34–43. DOI: 10.24412/2071-8268-2021-1-34-43.
4. Застрогина О.Б., Синяков С.Д., Серкова Е.А. Материалы на основе фенолформальдегидных олигомеров резольного и новолачного типов. ТРУДЫ ВИАМ. 2021. № 11 (105). С. 55–65. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-11-55-65.
5. Худяков В.А., Прошин А.П., Кислицына С.Н. Современные композиционные материалы: Учебное пособие. М.: Изд-во АСВ. 2006. 144 с.
6. Торлова А.С., Виткалова И.А., Пикалов Е.С. Технологии производства, свойства и области применения композиций на основе фенолформальдегидных смол. Научное обозрение. Технические науки. 2017. № 2. С. 96–114.
7. Виткалова И.А., Торлова А.С., Пикалов Е.С. Технологии получения и свойства фенолформальдегидных смол и композиций на их основе. Научное обозрение. Технические науки. 2017. № 2. С. 15–28.
8. Гусев Е.В., Набойщикова Н.А., Агеева Т.А. Технологические предпосылки получения композиционного материала на основе твердых синтетических смол и волокнистого наполнителя. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2022. Т. 65. Вып. 6. С. 58–63.
9. Кадькова Ю.А. Полимерный композиционный материал конструкционного назначения, армированный базальтовым волокном. Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85. № 9. С. 1523–1527.
10. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. СПб: Изд-во «Научные основы и технологии». 2013. 752 с.
11. Охликова А.А., Васильев С.В., Гоголева О.В. Разработка полимерных композитов на основе политетрафторэтилена и базальтового волокна. Электронный научный журнал. Нефтегазовое дело. 2011. № 6. С. 404–410.
12. Иванов Ю.Н., Минаев Н.В., Баяндин В.В., Шаглаева Н.С. Синтез и свойства полимерных композиционных материалов на основе эпоксидной смолы. Изв. вузов. Хим. Хим. технология. 2021. Т. 64. Вып. 7. С. 89–95. DOI:10.6060/ivkkt.20216407.6379.
13. Кербер М.Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технологии. Под ред. академика Берлина А.А. СПб.: Изд-во «ЦОП Профессия». 2014. 592 с.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

#### REFERENCES

1. Kolosova A.S., Sokolskaya M.K., Vitkalova I.A., A.S. Torlova, Pikalov E.S. Modern polymer composite materials and their application. International Journal of Applied and Basic Research. 2018. N 5–1. P. 245–256. (in Russian).
2. Ershova O.V., Ivanovsky S.K., Chuprova L.V., Bakhaeva A.N. Modern composite materials based on a polymer matrix. International Journal of Applied and Basic Research. 2015. N 4–1. P. 14–18. (in Russian).
3. Alieva A.P. Composite materials based on phenol-formaldehyde resins. Industrial production and use of elastomers. 2021. N 1. P. 34–43. DOI: 10.24412/2071-8268-2021-1-34-43. (in Russian).
4. Zastrogina O.B., Sinyakov S.D., Serkova E.A. Materials based on phenol-formaldehyde oligomers of resol and novolak types. WORKS OF VIAM. 2021. N 11(105). P. 55–65. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-11-55-65. (in Russian).
5. Khudyakov V.A., Proshin A.P., Kislitsyna S.N. Modern composite materials: Textbook. M.: Publishing house ABC. 2006. 144 p. (in Russian).
6. Torlova A.S., Vitkalova I.A., Pikalov E.S. Production technologies, properties and fields of application of compositions based on phenol-formaldehyde resins. Scientific Review. Technical science. 2017. N 2. P. 96–114. (in Russian).
7. Vitkalova I.A., Torlova A.S., Pikalov E.S. Production technologies and properties of phenol-formaldehyde resins and compositions based on them. Scientific Review. Technical science. 2017. N 2. P. 15–28. (in Russian).
8. Gusev E.V., Naboyshchikova N.A., Ageeva T.A. Technological background for obtaining a composite material based on hard synthetic resins and fiber filler. ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]. 2022. V. 65. N 6. P. 58–63. (in Russian).
9. Kadykova Yu.A. Polymeric composite material for structural purposes, reinforced with basalt fiber. Journal of Applied Chemistry. 2012. V.85. N 9. P. 1523–1527. (in Russian).
10. Mikhailin Yu.A. Fibrous polymer composite materials in technology. SPb: Publishing house "Scientific bases and technologies". 2013. 752 p. (in Russian).
11. Okhlikova A.A., Vasiliev S.V., Gogoleva O.V. Development of polymer composites based on polytetrafluoroethylene and basalt fiber. Electronic scientific journal. Oil and gas business. 2011. N 6. P. 404–410. (in Russian).
12. Ivanov Yu.N., Minaev N.V., Bayandin V.V., Shaglaeva N.S. Synthesis and properties of polymer composite materials based on epoxy resin. Izv. universities. Chem. Chem. technology. 2021. V. 64. N 7. P. 89–95. (in Russian).
13. Kerber M.L. Polymer composite materials: structure, properties, technologies. Ed. Academician of Berlin A.A. SPb.: Publishing house "TsOP Professiya". 2014. 592 p. (in Russian).

14. *Селяев В.П., Иващенко Ю.Г., Низина Т.А.* Полимербетоны. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 2016. 284 с.
15. *Захаров П.С., Чирков Д.Д., Шкуро А.Е., Кулаженко Ю.М.* Исследование свойств полимерного композиционного материала на основе платифицированного ацетата целлюлозы и муки тростника. Вестник технологического университета. 2021. Т. 24. № 12. С. 88–92.
16. *Акаева М.М.* Исследование физико-механических свойств полимерных композиционных материалов. Известия Чеченского государственного университета. 2017. № 1. Вып. 5. С. 18–20.
17. *Букеткин Б.В., Горбатовский А.А., Кисенко И.Д.* Экспериментальная механика. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. 136 с.
18. *Корохин Р.А., Солидолов В.И., Горбаткина Ю.А., Отегов А.В.* Физико-механические свойства дисперсно-наполненных эпоксидов. Пластические массы. 2013. № 4. С. 37–41.
19. *Сабадаха Е.Н., Прокончук Н.Р., Шутова А.Л., Гроба А.И.* Термостабильные композиционные материалы. Труды Белорусского государственного технологического университета. 2017. № 2. Серия 2. С.108–115.
20. *Крыжановский В.К.* Технические свойства пластмасс. СПб.: ЦОП: «Профессия». 2014. 240 с.
21. *Крыжановский В.К.* Пластмассовые детали технических устройств. СПб: Изд-во «Научные основы и технологии». 2013. 456 с.
22. *Герасимова В.М., Зубова Н.Г., Захаревич А.М., Устинова Т.П.* Исследование структуры и свойств композиционных материалов на основе модифицированных вискозных технических нитей. Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 2. С. 70–71.
14. *Selyaev V.P., Ivashchenko Yu.G., Nizina T.A.* Polymer concretes. Saransk: Publishing House of Mordov. university 2016. 284 p (in Russian).
15. *Zakharov P.S., Chirkov D.D., Shkuro A.E., Kulazhenko Yu.M.* Study of the properties of a polymer composite material based on platified cellulose acetate and cane flour. Bulletin of the Technological University. 2021. V. 24. N 12. P. 88–92. ID: 47380474. (in Russian).
16. *Akaeva M.M.* Investigation of the physical and mechanical properties of polymer composite materials. Bulletin of the Chechen State University. 2017. V. 1. N 5. P. 18–20. (in Russian).
17. *Buketkin B.V., Gorbatsky A.A., Kisenko I.D.* Experimental mechanics. M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman. 2004. 136 p.
18. *Korokhin R.A., Solidolov V.I., Gorbatkina Yu.A., Otegov A.V.* Physical and mechanical properties of dispersed-filled epoxides. Plastics. 2013. N 4. P. 37–41. (in Russian).
19. *Sabadakha E.N., Prokonchuk N.R., Shutova A.L., Groba A.I.* Thermostable composite materials. Proceedings of the Belarusian State Technological University. 2017. N 2. Series 2. P. 108–115. (in Belarus).
20. *Kryzhanovsky V.K.* Plastic parts for technical devices. SPb: Publishing house "Scientific bases and technologies". 2013. 456 p. (in Russian).
21. *Kryzhanovsky V.K.* Technical properties of plastics. SPb.: TsOP: "Profession". 2014. 240 p. (in Russian).
22. *Gerasimova V.M., Zubova N.G., Zakharevich A.M., Ustinova T.P.* Investigation of the structure and properties of composite materials based on modified viscose industrial yarns. Technological University Bulletin. 2017. V. 20. N 2. P. 70–71. (in Russian).

*Поступила в редакцию 05.04.2022  
Принята к опубликованию 27.04.2022*

*Received 05.04.2022  
Accepted 27.04.2022*