

<http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-55-61>

УДК 625.7/.8:691.175.5/.8

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТКОМПОЗИТОВ

Д. И. БОЧКАРЕВ¹, П. А. КАЦУБО¹⁺, Е. А. ШУТОВА², В. М. ШАПОВАЛОВ³

¹Белорусский государственный университет транспорта, ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Беларусь

²Мозырский государственный педагогический университет имени И. П. Шамякина, ул. Студенческая, 28, 247760, г. Мозырь, Беларусь

³Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси, ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Цель работы — анализ состояния и перспектив разработок дорожно-строительных материалов на основе термопласткомпозиатов.

Показано, что для создания дорожно-строительных материалов можно использовать в качестве связующего отходы полимеров, взамен битумного связующего. В качестве наполнителя техногенные отходы: песок речной, горный, кварцевый и др.; отсе́вы дробления щебня; отходы литейных производств (песочно-земельные формы, металлургический шлам и др.); отходы производства керамзита; отходы цементных заводов и предприятий по производству железобетонных изделий; дробленый асфальтобетон и т. п. Такой подход позволяет решать экологические проблемы, связанные с утилизацией и вторичным использованием материалов. Одним из основных направлений применения термопласткомпозиатов в дорожно-строительной сфере является их использование при проведении ямочного ремонта и в качестве дорожного покрытия.

В Институте механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси разработаны рецептуры и технологии полимер-минеральных композиций строительного назначения. Внедрены в массовое производство различные изделия: тротуарная плитка, брусчатка, тротуарный бордюр, решетки ливневых колодцев. Основой метода получения термопласткомпозиата является воздействие на композиционный материал температуры и давления с переводом его в вязкотекучее состояние. В качестве связующего используют вторичные полимеры.

В Белорусском государственном университете транспорта получены и исследованы экспериментальные образцы дорожно-строительных материалов на основе смесей полиэтилена и полипропилена. При сравнении с асфальтобетоном, предел прочности при растяжении термопласткомпозиата выше на 76%, водонасыщение ниже на 95%, а набухание ниже на 83%. Предложена технологическая схема изготовления термопласткомпозиатов с описанием используемого технологического оборудования. Таким образом, разработанные материалы целесообразно использовать для ремонта и строительства ответственных участков автомобильных дорог. Применение их обеспечит повышение долговечности дорожного покрытия. Рассмотрено несколько способов укладки термопласткомпозиатов в дорожное покрытие.

Ключевые слова: термопласткомпозиаты, строительство и ремонт автомобильных дорог, вторичные полимеры, дорожно-строительные материалы, дорожное покрытие.

⁺ Автор, с которым следует вести переписку. E-mail: pkacubo1@gmail.com

TECHNOLOGIES OF ROAD-BUILDING MATERIALS BASED ON THERMOPLASTIC COMPOSITES: CURRENT STATE AND PROSPECTS FOR DEVELOPMENT

D. I. BOCHKAREV¹, P. A. KATSUBA¹⁺, E. A. SHUTOVA², V. M. SHAPOVALOV³

¹Belarusian State University of Transport, Kirov St., 34, 246653, Gomel, Belarus

²I. P. Shamyakin Mozyr State Pedagogical University, Studencheskaya St., 28, 247760, Mozyr, Belarus

³V. A. Belyi Metal-Polymer Research Institute of National Academy of Sciences of Belarus, Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

The purpose of the work is to analyze the state and prospects of development of road-building materials based on thermoplastic composites.

It is shown that polymer waste can be used as a binder to create road-building materials, instead of Bituminous Binder. As a filler, man-made waste: river sand, mountain, quartz, etc.; screenings of crushed stone crushing; waste from foundries (sand-earth molds, metallurgical sludge, etc.); waste from expanded clay production; waste from cement plants and enterprises producing reinforced concrete products; crushed asphalt concrete, etc. This approach allows solving environmental problems associated with the disposal and reuse of materials. One of the main areas of application of thermoplastic composites in the road construction sector is their use during patching and as a road surface.

The Institute of Mechanics of Metal Polymer Systems named after V. A. Bely of the National Academy of Sciences of Belarus has developed formulations and technologies of polymer-mineral composites for construction purposes. Various products have been introduced into mass production: paving slabs, paving stones, sidewalk curbs, lattices of storm wells. The basis of the method of obtaining a thermoplastic composite is the effect of temperature and pressure on the composite material with its transfer to a flowable state. Secondary polymers are used as a binder.

Experimental samples of road-building materials based on mixtures of polyethylene and polypropylene have been obtained and studied at the Belarusian State University of Transport. When compared with asphalt concrete, the tensile strength of the thermoplastic composite is 76% higher, the water saturation is 95% lower, and the swelling is 83% lower. A technological scheme for the manufacture of thermoplastic composites with a description of the technological equipment used is proposed. Thus, it is advisable to use the developed materials for the repair and construction of critical sections of highways. Their use will ensure an increase in the durability of the road surface. Several ways of laying thermoplastic composite in the road surface are considered.

Keywords: thermoplastic composite, construction and repair of roads, secondary polymers, road construction materials, road surface.

Поступила в редакцию 16.09.2021

© Д. И. Бочкарев, П. А. Кацубо, Е. А. Шутова, В. М. Шаповалов, 2021

Для приобретения полного текста статьи, обращайтесь в [редакцию журнала](#)

Full text of articles can be purchased from the editorial office

Адрес редакции: ул. Кирова, 32а, 246050, г. Гомель, Беларусь

Телефон/факс: +375 (232) 34 06 36 / 34 17 11

Address: Kirov St., 32a, 246050, Gomel, Belarus

Phone: +375 (232) 34 06 36. Fax: +375 (232) 34 17 11

E-mail: polmattex@gmail.com

Web: <http://mpri.org.by/izdaniya/pmt/>

Образец цитирования:

Бочкарев Д. И., Кацубо П. А., Шутова Е. А., Шаповалов В. М. Состояние и перспективы развития технологий дорожно-строительных материалов на основе термопласткомполитов // Полимерные материалы и технологии. 2021. Т. 7, № 4. С. 55–61. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-55-61>

Citation sample:

Bochkarev D. I., Katsubo P. A., Shutova E. A., Shapovalov V. M. Sostoyanie i perspektivy razvitiya tekhnologiy dorozhno-stroitel'nykh materialov na osnove termoplastkompozitov [Technologies of road-building materials based on thermoplastic composites: current state and prospects for development]. *Polimernye materialy i tekhnologii* [Polymer Materials and Technologies], 2021, vol. 7, no. 4, pp. 55–61. <http://doi.org/10.32864/polymmattech-2021-7-4-55-61>

Литература

1. Шаповалов В. М. Технология полимерных и полимерсодержащих строительных материалов и изделий. Минск : Беларуская навукa, 2010. 454 с.
2. Шаповалов В. М., Тартаковский З. Л. Многокомпонентные полимерные системы на основе вторичных материалов. Гомель : ИММС НАНБ, 2003. 262 с.
3. Кацубо П. А., Долломанюк Р. Ю., Петрусевич В. В. Перспективы развития технологий покрытий автомобильных дорог // Научная дискуссия современной молодежи: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей IX Международной научно-практической конференции, Пенза, 17 октября 2019 г. Пенза : Наука и Просвещение, 2019. С. 15–17.
4. Рудольф Н., Кизель Р., Аумнате Ш. Рециклинг пластмасс. Экономика, экология и технология переработки пластмассовых отходов / пер. с англ. под ред. В. Г. Дувидзона. СПб. : Профессия, 2018. 176 с.
5. Михолап Д. П. Отчет о целях политики в области обращения с твердыми коммунальными отходами на разных уровнях внедрения. Минск, 2012 [Электронный ресурс]. URL: http://greenlogic.by/content/files/Othody/Documents/Otchet_o_principax_politiki.pdf (дата обращения: 16.02.2021).
6. Узденский В. Д. Модификация полимерных материалов : практическое руководство для технолога. СПб. : Профессия, 2020. 200 с.
7. Баур Э., Освальд Т., Рудольф Н. Настольная книга переработчика пластмасс. Справочник по полимерным материалам / пер. с англ. под ред. Н. Н. Тихоновой, М. А. Шерышева. СПб. : Профессия, 2021. 672 с.
8. Шишовок М. В. Современные полимерные материалы : учебное пособие. Минск : Вышэйшая школа, 2017. 278 с.7.
9. Носов К. С., Лапшина Е. М., Ткачѳв В. И. Влияние технологических параметров переработки на механические свойства полимер-минеральных материалов // Полимерные композиты и трибология (Поликомтриб-2013) : тезисы докладов международной научно-технической конференции, Гомель, 24–27 июня 2013 г. Гомель : ИММС НАНБ, 2013. С. 62.
10. Шутова Е. А., Шаповалов В. М. Физическое модифицирование композиционных материалов на основе вторичных термопластичных полимеров // Горная механика и машиностроение. 2018. № 3. С. 79–85.
11. Subramanian N. Polymer blends and composites. Chemistry and technology. Hoboken, USA : Wiley, 2017. 352 p.
12. Носов К. С., Шаповалов В. М. Исследование влияния природы и фракционного состава частиц наполнителя на деформационно-прочностные свойства полимерно-минеральных композиций. Материалы. Технологии. Инструменты. 2012. Т. 17, № 4. С. 39–42.
13. Патент 5018 РБ, МПК С04В 24/26. Строительная полимерминеральная композиция / Урецкая Е. А., Жукова Н. К., Плотникова Е. М., Дубровский В. В., Кухта Т. Н. ; заявитель Урецкая Е. А. № 19990926 ; заявл. 13.10.1999 ; опубл. 30.03.2003.
14. Патент 3526 РБ, МПК С 08L 23/06, С 08J 11/00, С 08K 13/08. Полимерная композиция / Лосев Ю. П., Хомич И. И., Чеметьев В. В., Рысь О. П. ; заявитель БГУ. № 970205 ; заявл. 15.04.1997 ; опубл. 30.09.2000.
15. Патент 1719345 СССР, МПК С08L 23/06, С04В 26/04. Способ изготовления строительных изделий / В. А. Файтельсон, Л. Б. Табачник; заявитель Файтельсон Виктор Аронович. № 4482024; заявл. 14.09.1988; опубл. 15.03.1992.
16. Патент 94008420 РФ, МПК С 04В 26/04, С04В 26/04, С04В 14/06. Способ производства строительных изделий / Ф. М. Вакильев, Е. Ф. Вакильев, Э. В. Качурин ; заявитель АО «Сервискомплект». № 94008420/04 ; заявл. 10.03.1994 ; опубл. 10.11.1995.9. ТУ ВУ 400084698.244-2012. Смеси полимерпесчаные для изделий дорожно-строительного назначения. Введ. 2012-07-02. Гомель : ИММС, 2012. 8 с.
17. Патент 2009113624 РФ, МПК С 08L 23/00. Песок с многослойным полимерным покрытием / Лойк Ф. Шеро, Дамен Жюльен, Г. Бонгартц ; заявитель ДАУ Глобал Текнолоджиз ИНК. № 2009113624/05 ; заявл. 11.09.2007 ; опубл. 20.03.2008.10.
18. Раувендал К., Норьегга М. Выявление и устранение проблем в экструзии. Систематический подход к решению проблем / пер. с англ. под ред. О. И. Абрамушкиной. 3-е изд. СПб. : Профессия, 2021. 328 с.11.
19. Носов К. С., Шаповалов В. М. Высоконаполненные полимер-минеральные композиты и технология получения из них технических изделий для жилищно-коммунального хозяйства и строительства (обзор). Материалы. Технологии. Инструменты. 2013. Т. 18, № 4. С. 63–70.12.
20. ТУ ВУ 400084698.244-2012. Смеси полимерпесчаные для изделий дорожно-строительного назначения. Введ. 2012-07-02. Гомель : ИММС, 2012. 8 с.
21. Бочкарѳв Д. И., Кацубо П. А., Петрусевич В. В., Шаповалов В. М. Оценка физико-механических свойств термопласткомполитов для их применения в технологических процессах строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог // Автомобильные дороги и мосты. 2019. № 2 (24). С. 44–48.
22. Керкстра Р., Браммер С. Литье под давлением: руководство по устранению брака. Метод 4 М / пер. с англ. под ред. В. Г. Дувидзона. СПб. : Профессия, 2020. 512 с.
23. Тихонов Н. Н., Шерышев М. А. Современные технологии и оборудование экструзии полимеров. СПб. : Профессия, 2019. 256 с.
24. Малкин А. Я. Основы реологии. СПб. : Профессия, 2018. 336 с.

References

1. Shapovalov V. M. *Tekhnologiya polimernykh i polimersoderzhashchikh stroitel'nykh materialov i izdeliy* [Technology of polymer and polymer-containing building materials and products]. Minsk : Belaruskaya navuka Publ., 2010. 454 p.
2. Shapovalov V. M., Tartakovskiy Z. L. *Mnogokomponentnye polimernye sistemy na osnove vtorichnykh materialov* [Multicomponent polymer systems based on secondary materials]. Gornel' : IMMS NANB Publ., 2003. 262 p.
3. Katsubo P. A., Dolomanyuk R. Yu., Petrusevich V. V. *Perspektivy razvitiya tekhnologiy pokrytiy avtomobil'nykh dorog* [Prospects for the development of coating technology and roads]. *Sbornik statey IX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauchnaya diskussiya sovremennoy molodezhi: aktual'nye voprosy, dostizheniya i innovatsii»* [Collection of articles of the IX International scientific-practical conference "The Scientific discussion of today's youth: current issues, achievements and innovations"]. Penza : Nauka i Prosveshchenie Publ., 2019, pp. 15–17.

4. Rudol'f N, Kizel' R., Aumnate Sh. *Retsikling plastmass. Ekonomika, ekologiya i tekhnologiya pererabotki plastmassovykh otkhodov* [Recycling of plastics. Economics, ecology and technology of plastic waste recycling]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2018. 176 p.
5. Mikhola D. P. Otchet o tselyakh politiki v oblasti obrashcheniya s tverdymi kommunal'nymi otkhodami na raznykh urovnyakh vnedreniya [Report on the objectives of the policy in the field of solid municipal waste management at different levels of implementation]. Available at: http://greenlogic.by/content/files/Othody/Documents/Otchet_o_principax_politiki.pdf (accessed 16.02.2021).
6. Uzdenskiy V. D. *Modifikatsiya polimernykh materialov* [Modification of polymer materials]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2020. 200 p.
7. Baur E., Ossval'd T., Rudol'f N. *Nastol'naya kniga pererabotchika plastmass. Spravochnik po polimernym materialam* [The plastic processor's handbook. Handbook of polymer materials]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2021. 672 p.
8. Shishonok M. V. *Sovremennye polimernye materialy* [Modern polymer materials]. Minsk : Vysheyshaya shkola Publ., 2017. 278 p.
9. Nosov K. S., Lapshina E. M., Tkachev V. I. Vliyaniye tekhnologicheskikh parametrov pererabotki na mekhanicheskie svoystva polimer-mineral'nykh materialov [Influence of technological parameters of processing on the mechanical properties of polymer-mineral materials]. *Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Polimernye kompozity i tribologiya» (Polikomtrib-2013)* [Abstracts of international scientific and technical conference "Polymer composites and tribology" (Polkomtrib-2013)]. Gomel' : IMMS NANB Publ., 2013, pp. 62.
10. Shutova E. A., Shapovalov V. M. Fizicheskoe modifitsirovaniye kompozitsionnykh materialov na osnove vtorichnykh termoplastichnykh polimerov [Physical modified cement composition of composite materials on the basis of secondary Thermoplastics polymers]. *Gornaya mekhanika i mashinostroeniye* [Mining mechanics and engineering], 2018, no. 3, pp. 79–85.
11. Subramanian N. *Polymer blends and composites. Chemistry and technology*. Hoboken, USA : Wiley, 2017. 352 p.
12. Nosov K. S., Shapovalov V. M. Issledovaniye vliyaniya prirody i fraktsionnogo sostava chastits napolnitelya na deformatsionno-prochnostnyye svoystva polimerno-mineral'nykh kompozitsiy [Investigation of the influence of the size and fractional composition of filler particles on the deformation and strength properties of polymer-mineral compositions]. *Materialy. Tekhnologii. Instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2012, vol. 17, no. 4, pp. 39–42.
13. Uretskaya E. A., Zhukova N. K., Plotnikova E. M., Dubrovskiy V. V., Kukhta T. N. Stroitel'naya polimermineral'naya kompozitsiya [Construction of polymer-mineral composition]. Patent RB, no. 5018, 2003.
14. Losev Yu. P., Khomich I. I., Chemet'ev V. V., Rys' O. P. Polimernaya kompozitsiya [Polymeric composition]. Patent RB, no. 3526, 2000.
15. Faytel'son V. A., Tabachnik L. B. Sposob izgotovleniya stroitel'nykh izdeliy [Method of manufacturing construction products]. Patent USSR, no. 1719345, 1992.
16. Vakil'ev F. M., Vakil'ev E. F., Kachurin E. V. Sposob proizvodstva stroitel'nykh izdeliy [Method of production of construction products]. Patent RF, no. 94008420, 1995.
17. Shero Loyk F., Zhyul'en Damen, Bongartts G. Pesok s mnogoslownym polimernym pokrytiem [Sand with a multilayer polymer coating]. Patent RF, no. 2009113624, 2008.
18. Rauvenda' K., Nor'ega M. *Vyyavlenie i ustraneniye problem v ekstruzii. Sistematcheskyy podkhod k resheniyu problem* [Identification and elimination of problems in extrusion. A systematic approach to solving problems]. 3rd ed. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2021. 328 p.
19. Nosov K. S., Shapovalov V. M. Vysokonapolnennyye polimer-mineral'nye kompozity i tekhnologiya polucheniya iz nikh tekhnicheskikh izdeliy dlya zhilishchno-kommunal'nogo khozyaystva i stroitel'stva (obzor) [Highly filled polymer-mineral composites and technology of obtaining technical products from them for housing and communal services and construction (review)]. *Materialy. Tekhnologii. Instrumenty* [Materials. Technologies. Tools], 2013, vol. 18, no. 4, pp. 63–70.
20. TU BY 400084698.244-2012. Smesi polimerpeschanye dlya izdeliy dorozhno-stroitel'nogo naznacheniya [Standard TU BY 400084698.244-2012. Polymer-sand mixtures for road construction products]. Gomel' : IMMS, 2012. 8 p.
21. Bochkarev D. I., Katsubo P. A., Petrushevich V. V., Shapovalov V. M. Otsenka fiziko-mekhanicheskikh svoystv termoplastkompozitov dlya ikh primeneniya v tekhnologicheskikh protsessakh stroitel'stva i remonta pokrytiy avtomobil'nykh dorog [Evaluation of physico-mechanical properties of thermoplastic composites for their application in technological processes of construction and repair of road coverings]. *Avtomobil'nye dorogi i mosty* [Highways and bridges], 2019, no. 2 (24), pp. 44–48.
22. Kerkstra R., Brammer S. *Lit'e pod davleniem: rukovodstvo po ustraneniyu braka. Metod 4 M* [Injection molding: a guide to eliminating marriage. Method 4 M]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2020. 512 p.
23. Tikhonov N. N., Sheryshev M. A. *Sovremennyye tekhnologii i oborudovaniye ekstruzii polimerov* [Modern technologies and equipment for polymer extrusion]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2019. 256 p.
24. Malkin A. Ya. *Osnovy reologii* [Fundamentals of rheology]. Saint-Petersburg : Professiya Publ., 2018. 336 p.