СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/article_5da44154d5e735.90950690

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Слепухин А.С., Крушельницкая Е.А., Толстой А.Д.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46
**E-mail: LudmilaSuleimanova@yandex.ru*

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКИ С ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИМ ЭФФЕКТОМ НА ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРОПРЕССОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Аннотация. *В статье рассмотрен метод объемной гидрофобизации путем введения модифицирующих добавок с гидрофобизирующим эффектом непосредственно в бетонную смесь на стадии перемешивания и приведена оценка степени их влияния на физико-механические свойства вибропрессованных изделий, изготовленных на технологической линии с применением рациональных составов с оптимально подобранной гранулометрией, водоцементным отношением и параметрами формования, геометрические размеры формуемых изделий соответствовали требуемым размерам и допускам, внешний вид лицевой поверхности соответствовал категории А3. Выявлено повышение эксплуатационных характеристик вибропрессованных плит бетонных тротуарных при применении полифункциональных модифицирующих добавок с гидрофобизирующим эффектом – Murasan BWA 17 и SikaPaver AE-2 в количестве 0,5 % от массы цемента, при этом установлено увеличение прочности на сжатие бетона плит на 23 %, морозостойкости на 50 циклов и уменьшение водопоглощения до 45 %, что позволит повысить долговечность мелкоштучных изделий. А введение объемного модификатора-гидрофобизатора Аквасил, исключительно с моносвойством к снижению водопоглощения, оказывает отрицательную роль на прочностные характеристики вибропрессованных изделий со снижением прочности бетона на сжатие на 12 %.*

Ключевые слова: *модифицирующая добавка с гидрофобизирующим эффектом, вибропрессованные изделия, плиты бетонные тротуарные, эксплуатационные характеристики.*

Введение. Долговечность мелкоштучных изделий, изготовленных методом полусухого вибропрессования, зависит от множества факторов, одним из которых является уровень организации защиты от агрессивного атмосферного воздействия и, в первую очередь, влаги. На практике применяются два принципиально разных способа решения этой задачи – гидроизоляция и гидрофобизация.

Гидроизоляция предполагает создание на поверхности защищаемых конструкций слоя водо- и паронепроницаемого материала определенной толщины или пропитку строительных изделий органическим вяжущим, закрывающим поры. Принцип действия гидроизоляции хорошо известен и освещен в научных публикациях, посвященных этому вопросу, однако, для вибропрессованных изделий этот способ практически не применяется.

Гидрофобизация – резкое снижение способности изделий и материалов смачиваться водой и водными растворами при сохранении паро- и газопроницаемости. Выделяют два вида гидрофобизации: объемный и поверхностный.

Гидрофобные покрытия часто называют водоотталкивающими, что является не совсем правильным, так как молекулы воды не отталкиваются от них, а притягиваются, но очень слабо. Гидрофобные покрытия в виде мономолекулярных (толщиной в одну молекулу) слоев или тонких пленок получают обработкой материала растворами, эмульсиями или (реже) парами гидрофобизаторов – веществ, слабо взаимодействующих с водой, но прочно удерживающихся на поверхности. В качестве гидрофобизаторов применяют соли жирных кислот, некоторых металлов (медь, алюминий, цирконий и другие), катионоактивные поверхностно-активные вещества (ПАВ), а также низко- и высокомолекулярные кремнийорганические фторорганические соединения [1].

Объемная гидрофобизация осуществляется для придания влагозащитных свойств строительным материалам путем введения гидрофобной добавки непосредственно в бетонную смесь на стадии перемешивания. На первый взгляд, объемная гидрофобизация − идеальный способ решения проблем снижения водопоглощения и капиллярного подсоса воды вибропрессованных изделий. Но есть одна большая проблема, подтвержденная множеством исследований, неправильно подобранный вид и дозировка добавки-гидрофобизатора снижает прочность изделий.

Для решения этой проблемы, гидрофобизатор в бетонную смесь для изготовления вибропрессованных изделий нужно вводить в комплексе с другими модификаторами, которые могут изменить воздействие гидрофобизатора на замедление гидратации цемента и повысить прочностные характеристики, при этом, не нарушив само свойство гидрофобности.

Методология. С целью оценки степени влияния модифицирующих добавок с гидрофобизирующим эффектом на качество вибропрессованных изделий были проведены сравнительные испытания вибропрессованных плит бетонных тротуарных (200×100×40), изготовленных на технологической линии «HESS», состоящей из линии по производству бетона и раствора и бетоноформовочной линии MULTIMAT RH 1500-3 VA. Контролю подлежали физико-механические характеристики изделий (средняя плотность, прочность, морозостойкость и водопоглощение), а также внешний вид и геометрические размеры изделия. Дозировка модификатора составляла 0,5 % от массы цемента (соответствующая рекомендациям всех производителей). Для проведения исследований применялись отработанные на производстве составы с оптимальной гранулометрией заполнителей [2–8]. В/Ц соответствовало заданной удобоукладываемости и формуемости изделий методом полусухого вибропрессования.

Основная часть. Производителям модификаторов бетона удалось получить эффективный продукт для производства вибропрессованных изделий − полифункциональную добавку с гидрофобизирующим эффектом, который является не основным, а скорее вторичным/третичным эффектом действия модификатора.

Продуктами такого вида являются:

– Модификатор Murasan BWA 17. Производитель заявляет, что продукт повышает формуемость, связность и уплотняемость жестких смесей; придает поверхности изделий гидрофобные свойства; облегчает смачивание компонентов бетонной смеси; обеспечивает снижение шелушения поверхности; увеличивает плотность бетона; ускоряет набор прочности; повышает морозостойкость изделий; повышает качество лицевой поверхности готовых изделий; снижает капиллярное водопоглощение и высолообразование. Рекомендованная производителем дозировка модификатора составляет 0,1…1,5 % от массы цемента.

– Высокоэффективная добавка SikaPaver AE-2 для повышения плотности и прочности изделий из жёстких и сверхжёстких бетонных смесей с гидрофобизирующим эффектом, препятствующая высолообразованию. Производитель заявляет, что продукт способствует быстрой укладке и уплотнению бетонной смеси; повышению плотности и прочности изделий; повышению морозостойкости изделий; снижению водопоглощения, капиллярного подсоса и высолообразования; приданию водоотталкивающих свойств изделиям; значительному снижению брака готовых изделий; снижению износа формообразующей опалубки. Рекомендованная производителем дозировка модификатора составляет 0,2…1,0 % от массы цемента.

– Гидрофобизатор Аквасил, принадлежащий к новому поколению отечественных водных кремнийорганических гидрофобизаторов. Производитель заявляет, что гидрофобизатор придает материалам максимальные водоотталкивающие (гидрофобные) свойства, не изменяющиеся в условиях эксплуатации в течение более 10 лет; устойчив к действию дождя, снега и механическим воздействиям (абразивное действие пыли, вибрация, удары, мытье и т.д.); увеличивает морозо- и коррозийную стойкость строительных материалов; улучшает удобоукладываемость бетонной смеси; предотвращает появление внутренних микротрещин; устраняет капиллярный подсос; сохраняет паро- и воздухопроницаемость материала, окраску и фактуру его поверхности; сохраняет внешний вид строительных материалов на длительный срок; обеспечивает антигрибковую защиту. Рекомендованная производителем дозировка модификатора составляет 0,4…0,5 % от массы цемента.

Составы для изготовления вибропрессованных плит бетонных тротуарных с применением модификаторов с гидрофобизирующими свойствами представлены в табл. 1.

Физико-механические характеристики плит бетонных с применением модификаторов с гидрофобизирующими свойствами представлены в табл. 2. и на рис. 1…4.

Анализируя полученные данные, следует отметить, что геометрические размеры образцов соответствовали требуемым размерам и допускам, а внешний вид лицевой поверхности соответствовал категории А3. Значение высоты капиллярного подсоса оказалось на одном уровне у образцов 2, 3 и 4 составов (табл. 1.). Изменение количества бракованной продукции при применении модификаторов не выявлено, а при оценке степени износа формооснастки влиянием модификатора пренебрегают, так как значительное влияние оказывают состояние оборудования, качество самой формооснастки и применяемые заполнители в формуемой бетонной смеси.

Таблица 1

Составы для изготовления вибропрессованных плит бетонных тротуарных с применением модификаторов с гидрофобизирующими свойствами

Номер состава	Расход материалов, кг/м^3				В/Ц	Модификаторы, кг/м^3		
	Цемент ЦЕМ I 42,5 Н	Песок, $М_{кр}$= 2,3	Песок, $М_{кр}$=1,5	Вода		Murasan BWA 17	SikaPaver AE-2	Аквасил
1	460	1360	340	184	0,4	-	-	-
2	460	1360	340	175	0,38	2,3	-	-
3	460	1360	340	170	0,37	-	2,3	-
4	460	1360	340	184	0,4	-	-	2,3

Таблица 2

Физико-механические характеристики плит бетонных тротуарных с применением модификаторов с гидрофобизирующими свойствами

Номер состава	Средняя плотность, кг/м^3	Прочность бетона плит при сжатии, МПа, в возрасте, сут.			Водо-поглощение, %	Морозо-стойкость
		1	3	28		
1	2280	20,4	28,2	45,3	5,5	F_2 150
2	2295	28,3	35,3	55,5	3,3	F_2 200
3	2290	26,3	32,1	50,1	4,2	F_2 200
4	2283	18,2	25,2	40,3	3,0	F_2 100

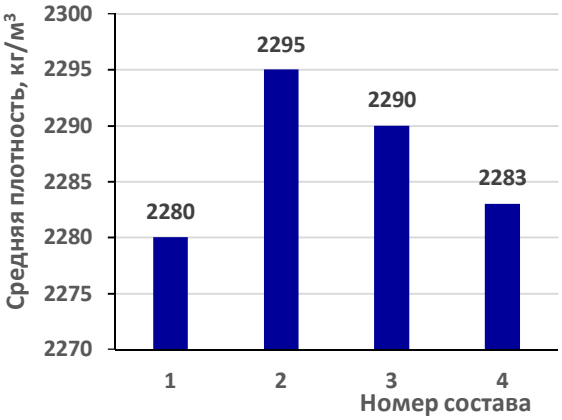

Рис. 1. Зависимость средней плотности вибропрессованных плит бетонных тротуарных от состава (табл. 1.) и вида модификатора с гидрофобизирующими свойствами

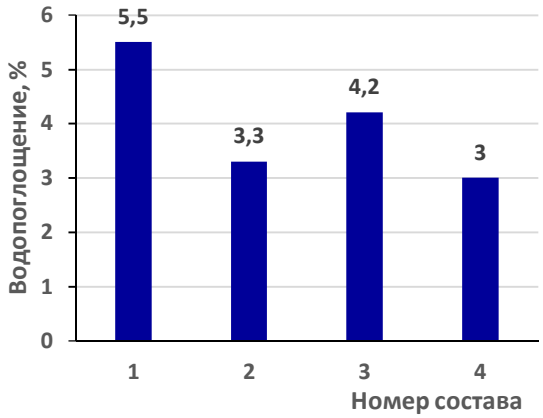

Рис. 3. Зависимость водопоглощения вибропрессованных плит бетонных тротуарных от состава (табл. 1.) и вида модификатора с гидрофобизирующими свойствами

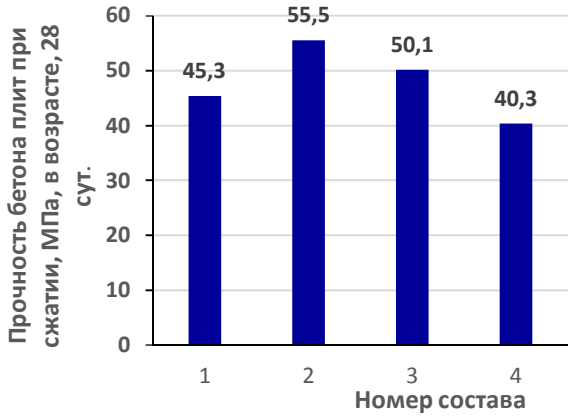

Рис. 2. Зависимость прочности вибропрессованных плит бетонных тротуарных от состава (табл. 1.) и вида модификатора с гидрофобизирующими свойствами

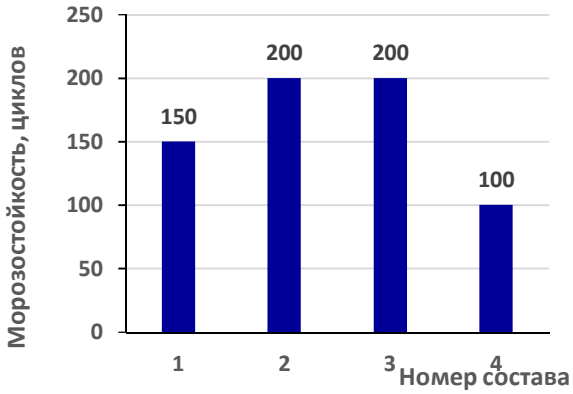

Рис. 4. Зависимость морозостойкости вибропрессованных плит бетонных тротуарных от состава (табл. 1.) и вида модификатора с гидрофобизирующими свойствами

В процессе формования было выявлено, что равномерное заполнение жесткой бетонной смесью всех ячеек формы и подбор оптимальных параметров формования методом полусухого вибропрессования плит бетонных тротуарных быстрее и корректнее осуществлялись с применением бетонной смеси, модифицированной добавками Murasan BWA 17 и SikaPaver AE-2 [2, 9].

Для объективной оценки степени снижения высолообразования вибропрессованных изделий, изготовленных с применением полифункциональных модификаторов, проводятся дополнительные исследования. Так как применение подобных модификаторов, само по себе, не снижает общей пористости изделия, а лишь придает их поверхности свойство относительной несмачиваемости без закупорки пор. Высолы имеют разный химический состав и разнообразное происхождение, они могут присутствовать в вибропрессованном изделии изначально, и по составу это могут быть не только стандартные кальциевые отложения, но еще и соли меди, железа и др. Пока действует эффект пониженного капиллярного подсоса, миграция влаги с выносом высолов на поверхность исключена.

Выводы. Введение полифункциональных модифицирующих добавок с гидрофобизирующим эффектом действительно оказывает значительное влияние на повышение эксплуатационных характеристик вибропрессованных изделий (прочность бетона плит увеличилась на 11…23 %, водопоглощение снизилось на 24…45 %, морозостойкость увеличилась с F_2 150 до F_2 200), не снижая при этом прочностных характеристик. Однако, следует отметить, что введение объемного модификатора-гидрофобизатора Аквасил, исключительно с моносвойством к снижению водопоглощения, оказывает отрицательную роль на прочностные характеристики вибропрессованных изделий со снижением прочности бетона на сжатие на 12 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Łukasik Z., Kozyra J., Kuśmińska-Fijałkowska A. The application of technology of vibropressed fiber-reinforced concrete to production of elements of technical infrastructure used in the power industry // AIP Conference Proceedings. 2018. № 2008. № 020003.

2. Esenkov I.I., Kramarenko A.V. Practical researches to increase leaching resistance on fine concrete for vibropressed product // Materials Science Forum. 2018. 931 MSF. Pp. 589–593.

3. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Новиков К.Ю. Высокопрочные бетоны на композиционных вяжущих с применением техногенного сырья // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2016. № 2 (17). С. 174–180.

4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Ковалева И.А., Якимович И.В., Лукутцова Н.П. Высокопрочные материалы для декоративных целей // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 51–53.

5. Lukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Kozyra, J., lszańska, S. Production of transport infrastructure elements using vibro-pressed fiber concrete technology // (2018) Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2018-October, pp. 1002–1007.

6. Chandrappa A.K., Rishabh M., Krishna Prapoorna B. Laboratory Investigations and Field Implementation of Pervious Concrete Paving Mixtures // Advances in civil engineering materials. 2018. Т. 7. № 1. С. 447–462.

7. Сураев В.А. Гидрофобизация. Теория и практика // Технологии строительства. 2002. №1 (17). С. 120–121.

8. Wamke A., Makowiecki J., Dopierała K., Karasiewicz J., Prochaska K. Hydrophobic ultrathin films formed by fluorofunctional cage silsesquioxanes // Applied Surface Science. 2018. №443. Pp. 280–290.

9. Bildyukevich A.V., Plisko T.V., Usosky V.V., Ovcharova A.A., Volkov V.V. Hydrophobization of polysulfone hollow fiber membranes // Petroleum Chemistry. 2018. Т. 58. №4. Pp. 279–288.

10. Yu Miao, Li Peijia, Feng Yufei. Positive effect of polymeric silane-based water repellent agents on the durability of superhydrophobic fabrics // Applied surface science. 2018. Т. 450. С. 492–501.

11. Wamke A., Makowiecki J., Dopierala, K. Hydrophobic ultrathin films formed by fluorofunctional cage silsesquioxanes // Applied surface science. 2018. Т. 443 С. 280–290.

12. Buczek B., Vogt E. Investigation of surface and rheology properties of modified lime dust // Gospodarka surowcami mineralnymi-mineral resources management. 2010. Т. 26. № 1. С. 73–81.

13. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polydispersed mixtures on the results of sieve laser and particle size analysis // World Applied Sciences Journal. 2013. Т. 25. № 2. С. 347–353.

14. Сулейманова Л.А., Малюкова М.В. Вибропрессованные плиты бетонные тротуарные с полифункциональной матрицей. Белгород, 2014. 144 с.

15. Suleymanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. The influence of technological factors on the basic properties of vibropressed concrete paving slabs // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Т. 9. № 11. С. 874–878.

Информация об авторах
Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой строительства и городского хозяйства. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Малюкова Марина Валерьевна, кандидат технических наук, старший преподаватель. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Слепухин Алексей Сергеевич, аспирант. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Крушельницкая Екатерина Александровна, аспирант. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Толстой Александр Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила в августе 2019 г.
© Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Слепухин А.С., Крушельницкая Е.А., Толстой А.Д., 2019

Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Slepukhin A.S., Krushelnickaya E.A., Tolstoj A.D.
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46
**E-mail: LudmilaSuleimanova@yandex.ru*

INFLUENCE OF MODIFYING AGENT WITH HYDROPHOBIZATION EFFECT ON INCREASE OF OPERATIONAL CHARACTERISTICS OF VIBROPRESSED PRODUCTS

Abstract. *In the article the method of volumetric hydrophobization by insertion of modifying agents with hydrophobization effect directly in concrete mixture on the stage of mixing is considered and the degree of their influence on physics-mathematics properties of vibropressed products which made on technological line with optimal granulometry, water to cement proportion and parameters of forming is estimated, so that the geometrical dimensions of moulded products satisfy required sizes and limits, and appearance of front-face area satisfied A3 category. There was established the increase of operational characteristics of concrete walk-way vibropressed slabs when in use of polyfunctional modifying agents with hydrophobization effect – Mura-san BWA 17 and SikaPaver AE-2 in 0.5 % cement weight quantity, wherein there was found the increase of compressive strength of slabs on 23 %, frost resistance on 50 cycles and decrease of water absorption up to 45 % which allows increasing the longevity of small-pieces products. Insertion of volumetric modifier-hydro-phobisator Akvasil, only with a mono-characteristic to decrease of water absorption, has negative role on strength characteristics of vibropressed products with decrease of concrete compressive strength by 12 %.*

Keywords: *modifying agents with hydrophobization effect, vibropressed products, concrete walkway slabs, operational characteristics.*

REFERENCES

1. Łukasik Z., Kozyra J., Kuśmińska-Fijałkowska A. The application of technology of vibropressed fiber-reinforced concrete to production of elements of technical infrastructure used in the power industry. AIP Conference Proceedings. 2018. Vol. 2008. No. 020003.
2. Esenkov I.I., Kramarenko A.V. Practical researches to increase leaching resistance on fine concrete for vibropressed product. Materials Science Forum. 2018. Vol. 931 MSF. Pp. 589–593.
3. Tolstoi A.D., Lesovik V.S., Novikov K.Iu. High endurance concretes on composite bindings with the use of man-made raw materials [Vysokoprochnye betony na kompozicionnyh vyazhushchih s primeneniem tekhnogennogo syr'ya]. Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitelstvo. Nedvizhimost. 2016. Vol. 2 (17). Pp. 174–180. (rus)
4. Tolstoy A.D., Lesovik V.S., Kovaleva I.A., Yakimovitch I.V., Lukutsova N.P. High-strength materials for decorative purposes [Vysokoprochnye materialy dlya dekorativnyh celej]. Industrial and civil engineering. 2014. Vol. 8. Pp. 51–53. (rus)
5. Lukasik Z., Kuśmińska-Fijałkowska A., Kozyra J., lszańska S. Production of transport infrastructure elements using vibro-pressed fiber concrete technology. Transport Means - Proceedings of the International Conference. 2018. Pp. 1002–1007.

6. Chandrappa A.K., Rishabh M., Krishna Prapoorna B. Laboratory Investigations and Field Implementation of Pervious Concrete Paving Mixtures. Advances in civil engineering materials. 2018. Vol. 7(1). Pp. 447–462.

7. Suraev V.A. Hydrophobization. Theory and practice [Gidrofobizaciya. Teoriya i praktika]. Tekhnologii stroitel'stva. 2002. Vol. 1 (17). Pp. 120-121. (rus)

8. Wamke A., Makowiecki J., Dopierała K., Karasiewicz J., Prochaska K. Hydrophobic ultrathin films formed by fluorofunctional cage silsesquioxanes. Applied Surface Science. 2018. Vol. 443. Pp. 280–290.

9. Bildyukevich A.V., Plisko T.V., Usosky V.V., Ovcharova A.A., Volkov V.V. Hydrophobization of polysulfone hollow fiber membranes. Petroleum Chemistry. 2018. Vol. 58(4). Pp. 279–288.

10. Yu Miao, Li Peijia, Feng Yufei. Positive effect of polymeric silane-based water repellent agents on the durability of superhydrophobic fabrics. Applied surface science. 2018. Vol. 450. Pp. 492–501.

11. Wamke A., Makowiecki J., Dopierala, K. Hydrophobic ultrathin films formed by fluorofunctional cage silsesquioxanes. Applied surface science. 2018. Vol. 443. Pp. 280–290.

12. Buczek B., Vogt E. Investigation of surface and rheology properties of modified lime dust. Gospodarka surowcami mineralnymi-mineral resources management. 2010. Vol. 26(1). Pp. 73–81.

13. Kharkhardin A.N., Suleimanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Kozhukhova N.I. The determination of topological properties in polydispersed mixtures on the results of sieve laser and particle size analysis. World Applied Sciences Journal. 2013. Vol. 25(2). Pp. 347–353.

14. Suleymanova L.A., Malyukova M.V., Vibropressed concrete slabs with multifunctional matrix [Vibropressovannye plity betonnye trotuarnye s polifunkcional'noj matricej]. Belgorod: BGTU, 2014. 144 p. (rus)

15. Suleymanova L.A., Kara K.A., Malyukova M.V., Suleymanov K.A. The influence of technological factors on the basic properties of vibropressed concrete paving slabs. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9(11). Pp. 874-878.

Information about the authors

Suleymanova, Liudmila A. DSc, Professor. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Maliukova, Marina V. PhD, Senior lecturer. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Slepukhin, Aleksey S. Postgraduate. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Krushelnickaya, Ekaterina A. Postgraduate. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Tolstoj, Aleksandr D. PhD, Senior lecturer. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in August 2019

Для цитирования:

Сулейманова Л.А., Малюкова М.В., Слепухин А.С., Крушельницкая Е.А., Толстой А.Д. Влияние модифицирующей добавки с гидрофобизирующим эффектом на повышение эксплуатационных характеристик вибропрессованных изделий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 9. С. 8–13. DOI: 10.34031/article_5da44154d5e735.90950690

For citation:

Suleymanova L.A., Maliukova M.V., Slepukhin A.S., Krushelnickaya E.A., Tolstoj A.D. Influence of modifying agent with hydrophobization effect on increase of operational characteristics of vibropressed products. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 9. Pp. 8–13. DOI: 10.34031/article_5da44154d5e735.90950690