

А. ЛАКЕТИЧ¹, С.К. ЛАКЕТИЧ¹, В.В. СТРОКОВА¹

¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия

ДРЕНИРУЮЩИЙ ЦЕМЕНТОБЕТОН В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Аннотация. В настоящей работе рассматривается применение высокопроницаемого цементобетона, также известного как дренажный, пористый, крупнозернистый, влагопропускающий, водопроницаемый бетон, в дорожном строительстве, который представляет собой особый тип бетона, пористость которого выше, чем у большинства других. Высокая проницаемость воды через тело бетонной конструкции в нижние слои основания достигается за счет связанных между собой пор и пустот.

Высокопроницаемое цементобетонное дорожное покрытие используется для уменьшения локальных наводнений в городских районах, выступая устойчивой системой дренажа. Пропускающая способность проницаемого бетона может быть снижена в процессе эксплуатации из-за засорения пор, это приводит к ограничению срока службы такого покрытия. Вопросы изучения механизма засорения и способов борьбы с ним остаются открытыми.

Ключевые слова: высокопроницаемый бетон, дренажный бетон, высокопроницаемое покрытие, дренажная способность, дренирующий эффект, дорожное строительство.

A. LAKETICH¹, S.K. LAKETICH¹, V.V. STROKOVA¹,

¹Belgorod state technological university named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia

DRAINAGE CONCRETE IN ROAD CONSTRUCTION

Abstract. This paper considers the use of highly permeable concrete, also known as drainage, porous, coarse-grained, moisture-permeable, permeable concrete, in road construction, which is a special type of concrete whose porosity is higher than most others. High permeability of water through the body of the concrete structure to the lower layers of the base is achieved due to interconnected pores and voids.

Highly permeable concrete pavement is used to reduce local floods in urban areas, acting as a sustainable drainage system. The permeability of permeable concrete can be reduced during operation due to clogging of pores, this leads to a limitation of the service life of such a coating. The issues of studying the mechanism of clogging and ways to combat it remain open.

Keywords: high permeability concrete, drainage concrete, high permeability coating, drainage ability, drainage effect, road construction.

Введение

Первое использование высокопроницаемого бетона в Европе в качестве тротуарного покрытия датируется 1800 годом. Проницаемый бетон – экономически эффективная городская система дренажа, дальнейшее применение бетона такого вида в дорожном строительстве обусловлено его экологичностью, экономичностью и высоким показателем водопроницаемости (до 3,4 см/с) [1], благодаря чему высокопроницаемое бетонное покрытие с дренирующим эффектом стремительно набирает популярность.

В последнее пятидесятилетие города росли в геометрической прогрессии, в связи с этим большие территории подвергались обетонированию, как правило, непроницаемыми

материалами, наряду с этим, постоянно меняющиеся погодные условия, приводящие к обильным атмосферным осадкам, способствовали накоплению ливневых вод на поверхности дорожного и тротуарного покрытия.

Высокопроницаемый бетон традиционно используется в дорожном строительстве, в зонах с низкой интенсивностью движения и представляет собой смесь цемента, заполнителя, функциональных добавок и воды, изготавливается с использованием крупных заполнителей, путем полного исключения мелкого заполнителя или большей его части, позволяя тем самым дождевой воде просачиваться в нижележащие слои основания. В результате получается высокопористый материал, как правило, с 15–35 % объема взаимосвязанных пустот, достаточной фильтрационной способностью [2].

Прочность на сжатие высокопроницаемого бетона варьируется от 6,6 [3] до 20,0 [4] МПа, увеличиваясь до 62,1 [5] МПа с добавлением функциональных добавок, таких как микро- и нанокремнезем, суперпластификатор и т.п., а также небольшого количества мелкого заполнителя, однако, это приводит к уменьшению пористости и проницаемости.

Методы и результаты анализа опубликованных данных

В настоящей работе проанализировано более 30 научных работ [1–30, 32, 33], в число которых не вошли статьи, носящие обзорный характер, материалы форумов и конференций, тексты диссертаций и монографии, а также результаты исследований, не отличающиеся глубиной проработки.

Анализ научной литературы показал, что термины «пористый бетон», «проницаемый бетон», «дренажный бетон» и «бетон с повышенной пористостью» являются взаимозаменяемыми.

Выявлено, что зарубежные научные школы более активно занимаются вопросом исследования и внедрения высокопроницаемого цементобетона в дорожное строительство, в то время как в России применение асфальтобетонного покрытия наиболее популярно.

Большая часть исследований по разработке высокопроницаемых цементобетонов, направлена на исследование физико-механических характеристик покрытий с дренирующим эффектом [6–18], часть посвящена – изучают влияние такого покрытия на городскую экологическую обстановку [19–25], работы других посвящены изучению механизма засорения [26, 27] и разрушения [28, 29] высокопроницаемого покрытия.

Анализ опубликованных данных [1–33], позволил структурировать публикации по высокопроницаемым цементобетонам с дренирующим эффектом по типам используемых покрытий:

I. Сплошное покрытие из высокопроницаемого бетона [1-31] (рисунок 1) – система дорожного покрытия, состоящая из верхнего проницаемого слоя бетона, размещенного над подстилающим слоем крупного заполнителя и грунта.

В настоящее время существует ряд компаний, реализующих на практике внедрение высокопроницаемых покрытий с дренирующим эффектом в дорожном строительстве. Например, английская компания «Lafarge Tarmac», представившая в 2015 году асфальтобетонное дорожное покрытие «Tormix Permeable». В отличие от обычного асфальтобетона характерной особенностью «Tormix Permeable» является повышенная пористость (до 20–35 %), позволяющая покрытию быстро пропускать большие объемы воды, исключая риск затопления дорог и засорения канализационных стоков [19]. Однако, несмотря на существующие разработки высокопроницаемых асфальтобетонных покрытий в области дорожного строительства, покрытия из проницаемого цементобетона остаются малоизученными, невзирая на ряд преимуществ: прочность, износостойкость, устойчивость к климатическим факторам и долговечность, увеличивающиеся с добавлением в цементобетонную смесь функциональных добавок, высокая ремонтпригодность, повышенная стойкость к агрессивному воздействию окружающей среды, а также экологичность таких покрытий [31].



Рисунок 1 – Сплошное покрытие из высокопроницаемого бетона [31]

Компанией «Lafarge Tarmac» были разработаны три вида конструкции сплошного покрытия из водопроницаемого бетона, которые могут применяться в зависимости от того, допускается ли проникновение воды в нижележащие слои грунта, или ее необходимо частично или полностью отводить, во избежание разрушения подстилающего слоя:

1. Полностью пропускающая воду (рисунок 2, а);
2. Частично пропускающая воду (рисунок 2,б);
3. С полным отводом воды (рисунок 2, в).

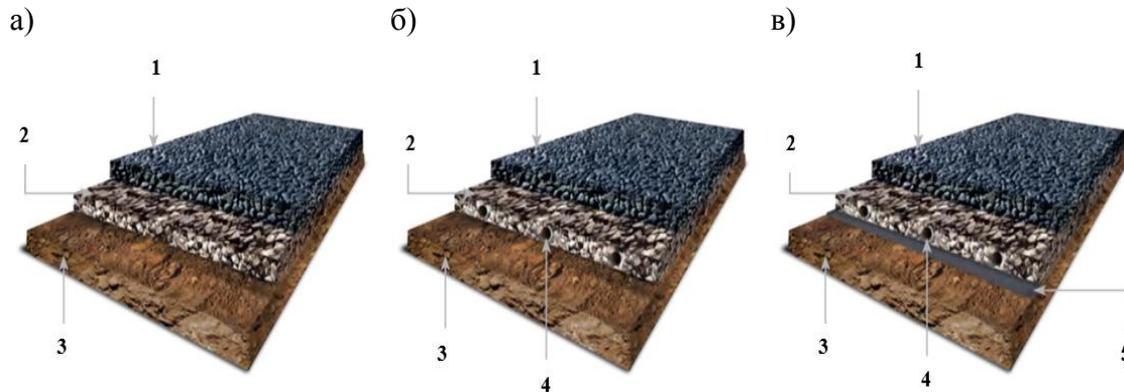


Рисунок 2 – Виды конструкции сплошного покрытия из водопроницаемого бетона [31]:

а – полностью пропускающая воду; б – частично пропускающая воду; в – с полным отводом воды.

1 – высокопроницаемый бетон; 2 – дренирующий подстилающий слой; 3 – грунт; 4 – дренажная система труб; 5 – геотекстильный материал (непроницаемая мембрана)

II. Высокопроницаемый бетон в соединительных пазах тротуарной плитки [19, 31] (рисунок 3) – элемент тротуарного покрытия, располагающийся в стыках плитки, который позволяет воде, скапливающейся на поверхности покрытия, проникать в нижележащие слои основания, и составляет примерно от 5% до 15% общей поверхности покрытия.

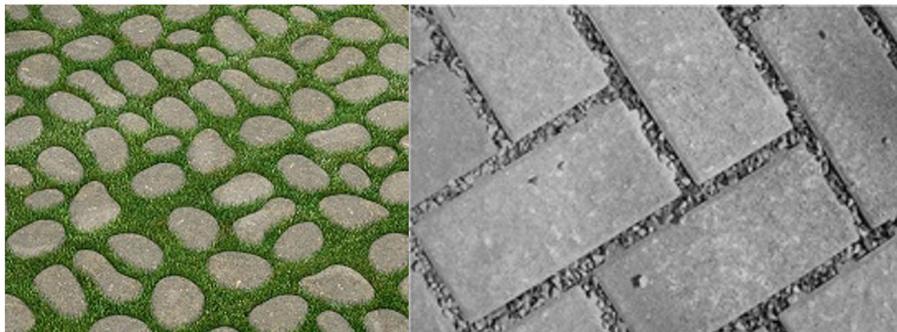


Рисунок 3 – Высокопроницаемый бетон в соединительных пазах тротуарной плитки [19]

Слой системы подобного покрытия с высокопроницаемым бетоном в соединительных пазах тротуарной плитки представлены на рисунке 4.

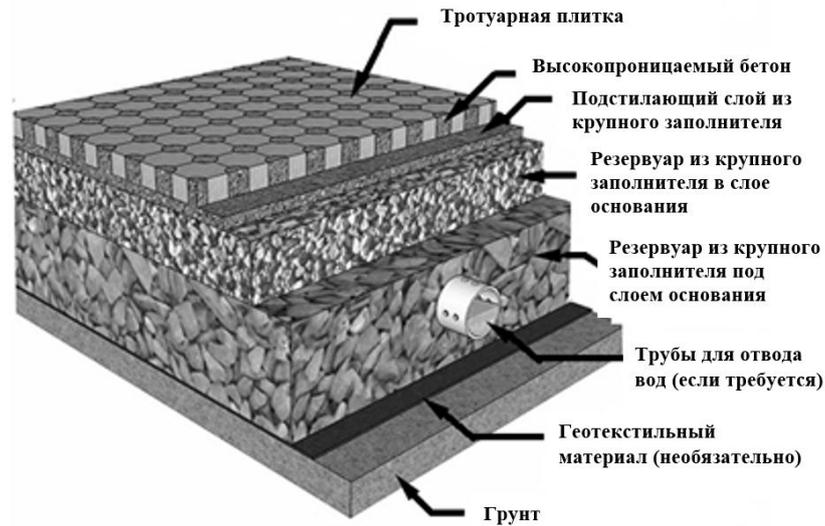


Рисунок 4 – Слои системы тротуарного покрытия с высокопроницаемым бетоном в соединительных пазах тротуарной плитки [31]

III. Перфорированная тротуарная плитка «Газонная решетка» с включенным в отверстия высокопроницаемым бетоном [19, 30, 31] (рисунок 5) – модульная конструкция с ячейками одинакового размера, предназначенными для бетона повышенной пористости с дренажным эффектом. «Газонная решетка» – относительно новое решение для обустройства придомовой территорий, парковок и прочих зон с малой интенсивностью движения.



Рисунок 5 – Перфорированная тротуарная плитка «Газонная решетка» с включенным в отверстия высокопроницаемым бетоном [19]

Выводы

Высокопроницаемые бетонные покрытия с дренирующим эффектом имеют ряд следующих преимуществ:

- экологичность;
- визуальная привлекательность;
- при низкой дренирующей способности грунта, проницаемые системы дорожных покрытий могут снизить количество поверхностных вод более чем на 43 %;
- обладая более светлым цветом, чем асфальтобетонное покрытие, высокопроницаемый цементобетон способен отражать солнечную радиацию, а относительно открытая структура пор сохраняет меньше тепла, что помогает снизить температуру окружающей среды;
- использование проницаемого бетона снижает потребность в оросительной воде;
- в качестве заполнителя для высокопроницаемого бетона, без ущерба для целостности его структуры и долговечности, могут использоваться отходы строительства и производств;
- покрытие из высокопроницаемого бетона обладает антискользящей поверхностью, водо- и морозостойкостью.

Морозостойкость проницаемого покрытия во многом зависит от уровня насыщения пустот в бетоне во время замерзания.

При проектировании высокопрочных проницаемых цементобетонных смесей следует руководствоваться определенными принципами, такими как: использование матрицы сверхвысокой производительности, улучшенная межфазная переходная зона, сбалансированное соотношение заполнителя и связующего [32, 33]. Однако использование такого покрытия в местах высоких транспортных нагрузок не рекомендуется. Срок службы высокопроницаемого бетона колеблется от 6 до 20 лет [2], истечение которого обусловлено деградацией материала или его чрезмерным разрушением, а также засорением пор, способствующих эффективной работе покрытия, в связи с этим покрытие такого типа нуждается в регулярном уходе.

Таким образом, высокопроницаемый цементобетон с дренирующим эффектом, применяемый в дорожном строительстве, является инновативным, экологически привлекательным технологическим решением, позволяющим снизить риски наводнений, застоя ливневых вод на поверхности покрытия и загрязнения подземных вод, а также восстанавливать естественный круговорот воды в природе, улучшая при этом экологическую обстановку окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Гранта Президента для научных школ НШ-2584.2020.8.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романенко И.И., Петровнина И.Н., Романенко М.И. Пористый бетон в дорожном строительстве // Инженерный вестник Дона. 2019. №2 (53). С. 50.
2. Арын Б.А. Обоснование применения пористого бетона в качестве основания и дренажа сооружений // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. 2016. Т. 281. С. 101–108.
3. Дергунова А.В., Пиксайкина А.А. Применение пористых тротуаров в создании инфраструктуры городской среды // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 12 (123). С. 1440–1447.
4. Снарский С.В., Козлов Н.А., Рыбалка А.С. Проницаемые бетонные покрытия // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2016. № 7. С. 160–163.
5. Козлов Н.А., Рамазанов В.И., Миронов А.Г. Применение проницаемого бетона на техногенных заполнителях для дорожных покрытий // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 10. С. 183–187.
6. Dang Hanh Nguyena, Mohamed Boutouil, Nassim Sebaibi, Fabienne Baraud, Lydia Leleyter. Durability of pervious concrete using crushed seashells. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 135, Pp. 137–150. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.219.
7. Alalea Kia, Hong S. Wong, Christopher R. Cheeseman. Clogging in permeable concrete: A review. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 193, Pp. 221–233. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.02.018.
8. Hussein Adebayo Ibrahim, Hashim Abdul Razak. Effect of palm oil clink-er incorporation on properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 115, Pp. 70–77. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.181.
9. Shengnan Dai, Xianghao Wu, Haoran Zhou, Wei Li, Xingquan Jiang, Binghan Liang. Experimental Study on Mechanical Properties of Permeable Con-crete. *Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 233, Pp. 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/233/3/032037.
10. M. Sonebi, M.T. Bassuoni. Investigating the effect of mixture design pa-rameters on pervious concrete by statistical modelling. *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 38, Pp. 147–154. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.07.044.
11. Zhen Dai, Hui Lia, Wenzhong Zhao, Xiangping Wang, Hanbing Wang, Haonan Zhou, Bing Yang. Multi-modified effects of varying admixtures on the mechanical properties of pervious concrete based on optimum design of gradation and cement-aggregate ratio. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 233, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117178.
12. Peng Liu, Yining Gao, Fazhou Wang, Lu Yang. Preparation of pervious concrete with 3-thiocyanatopropyltriethoxysilane modified fly ash and its use in Cd (II) sequestration. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 212, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.242.

13. Murugan Muthu, Manu Santhanam, Mathava Kumar. Pb removal in pervious concrete filter: Effects of accelerated carbonation and hydraulic retention time. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 174, pp. 224–232. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.116.
14. Valerie López-Carrasquillo, Sangchul Hwang. Comparative assessment of pervious concrete mixtures containing fly ash and nanomaterials for compressive strength, physical durability, permeability, water quality performance and production cost. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 139, pp. 148–158. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.02.052.
15. Hao Wu, Zhuo Liu, Beibei Sun, Jian Yin. Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC). *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 117, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.04.130.
16. R. Pieralisi, S.H.P. Cavalaro, A. Aguado. Discrete element modelling of the fresh state behavior of pervious concrete. *Cement and Concrete Research*. 2016. Vol. 90, pp. 6–18. DOI: 10.1016/j.cemconres.2016.09.010.
17. Seung Bum Park, Byung Jae Lee, Jun Lee, Young Il Jang. A study on the seawater purification characteristics of water-permeable concrete using recycled aggregate. *Resources, Conservation and Recycling*. 2010. Vol. 54, pp. 658–665. DOI: 10.1016/j.resconrec.2009.11.006.
18. Xiaodi Hu, Kang Dai, Pan Pan. Investigation of engineering properties and filtration characteristics of porous asphalt concrete containing activated carbon. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 209, pp. 1484–1493. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.115.
19. Gordana Toplicic-Curcic, Dusan Grdic, Nenad Ristic, Zoran Grdic. Environmental importance, composition and properties of pervious concrete. *Building materials and structures*. 2016. Volume 59. Issue 2. P. 15–27.
20. Dr. Brian Shackel. Design of permeable paving subject to traffic // 8th International Conference on Concrete Block Paving, November 6–8, 2006 San Francisco, California USA. Pp. 51–60.
21. Shihui Shen, Maria Burton, Bertram Jobson, Liv Haselbach. Pervious concrete with titanium dioxide as a photocatalyst compound for a greener urban road environment. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 35, Pp. 874–883. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.097.
22. J. M.G. Buchan, B.C. Scharenbroch. Belowground effects of porous pavements. Soil moisture and chemical properties. 2013. Vol. 51, Pp. 221–228. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2012.12.041
23. D.S. Shah, J. Pitroda. Pervious concrete: new era for rural road pavement. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2013. Vol. 4. Pp. 3495–3498. ISSN: 2231–5381.
24. Subbotin O.S. Building materials and technologies of modern housing: architectural and ecological aspects // *Construction Materials and Products*. 2019. Volume 2. Issue 4. Pp. 84 – 88.
25. Petrovic Milos Z., Doric-Veljkovic Snezana M., Karamarkovic Jugoslav P. Zastita zivotne sredine u gradevinarstvu sa osvrtom na primenu ekoloskih i nano materijala. *Vojnotehnicki glasnik*. 2015. Vol. 63, Br. 2. Pp. 179–194
26. Wuguang Lin, Dae-Geun Park, Sung Woo Ryu, Byeong-Tae Lee, Yoon-Ho Cho. Development of permeability test method for porous concrete block pavement materials considering clogging. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 118, pp. 20–26. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.107.
27. Alalea Kia, Hong S. Wong, Christopher R. Cheeseman. Clogging in permeable concrete: A review. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 193, pp. 221–233. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.02.018.
28. Chao Xie, Linjuan Yuan, Min Zhao, Yinghui Jia. Study on failure mechanism of porous concrete based on acoustic emission and discrete element method. *Construction and Building Materials*. 2020. Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117409.
29. Nicholas A. Brake, Hamid Allahdadi, Fatih Adam. Flexural strength and fracture size effects of pervious concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 113, pp. 536–543. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.045.
30. Jiusu Li, Yi Zhang, Guanlan Liu, Xinghai Peng. Preparation and performance evaluation of an innovative pervious concrete pavement. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 138, pp. 479–485. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.01.137.
31. Tarmac, a CRH company [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tarmac.com> (дата обращения: 19.03.2020).
32. Строкова, В.В., Бабаев В.Б., Марков А.Ю., Соболев К.Г., Нелюбова В.В. Сравнительная оценка конструкций дорожной одежды с использованием цементобетона // *Строительные материалы и изделия*. 2019. Т. 2. № 4. С. 56–63.
33. Траутвайн А.И. Анализ влияния качественного состава асфальтобетонной смеси на основные показатели характеристик асфальтобетона в покрытии // *Строительные материалы и изделия*. 2019. Т. 2. № 1. С. 17–23.

REFERENCES

1. Romanenko I.I., Petrovnina I.N., Romanenko M.I. Poristyj beton v dorozhnom stroitel'stve // *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2019. № 2 (53). S. 50.(rus).

2. Aryn B.A. Obosnovanie primeneniya poristogo betonavkachestve osnovaniya i drenazhasooruzhenij // Izvestija Vserossijskogonauchno-issledovatel'skogoinstitutagidrotehnikim. B.E. Vedeneeva. 2016. Vol. 281. Pp. 101-108. (rus).
3. Dergunova A.V., Piksajkina A.A. Primenenie poristyhtrotuarovvsozdaniinfrastrukturnygorodskoj sredy // Vestnik MGSU. 2018. Vol. 13. № 12 (123). S. 1440-1447. (rus).
4. Snarskij S.V., Kozlov N.A., Rybalka A.S. Pronicaemye betonnyepokrytija // Resursojenergojefektivnyetehnologiiivstroitel'nomkomplekseregiona. 2016. № 7. S. 160-163. (rus).
5. Kozlov N.A., Ramazanov V.I., Mironov A.G. Primenenie pronicaemogobetonanatehnogennyhzapolniteljadljadorozhnyhpokrytij // Resursojenergojefektivnyetehnologiiivstroitel'nomkomplekseregiona. 2018. № 10. S. 183-187. (rus).
6. Dang Hanh Nguyena, Mohamed Boutouil, Nassim Sebaibi, Fabienne Baraud, Lydia Leleyter. Durability of pervious concrete using crushed seashells. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 135, Pp. 137–150. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.12.219.
7. Alalea Kia, Hong S. Wong, Christopher R. Cheeseman. Clogging in permeable concrete: A review. *Journal of Environmental Management*. 2017. Vol. 193, Pp. 221–233. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.02.018.
8. Hussein Adebayo Ibrahim, Hashim Abdul Razak. Effect of palm oil clink-er incorporation on properties of pervious concrete. *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 115, Pp. 70–77. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.181.
9. Shengnan Dai, Xianghao Wu, Haoran Zhou, Wei Li, Xingquan Jiang, Binghan Liang. Experimental Study on Mechanical Properties of Permeable Con-crete. *Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 233, Pp. 1–6. DOI: 10.1088/1755-1315/233/3/032037.
10. M. Sonebi, M.T. Bassuoni. Investigating the effect of mixture design pa-rameters on pervious concrete by statistical modelling. *Construction and Building Materials*. 2013. Vol. 38, Pp. 147–154. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.07.044.
11. Zhen Dai, Hui Lia, Wenzhong Zhao, Xiangping Wang, Hanbing Wang, Haonan Zhou, Bing Yang. Multi-modified effects of varying admixtures on the mechanical properties of pervious concrete based on optimum design of gradation and cement-aggregate ratio. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 233, pp. 1–9. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117178.
12. Peng Liu, Yining Gao, Fazhou Wang, Lu Yang. Preparation of pervious concrete with 3-thiocyanatopropyltriethoxysilane modified fly ash and its use in Cd (II) sequestration. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 212, pp. 1–7. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.242.
13. Murugan Muthu, Manu Santhanam, Mathava Kumar. Pb removal in per-vious concrete filter: Effects of accelerated carbonation and hydraulic retention time. *Construction and Building Materials*. 2018. Vol. 174, pp. 224–232. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.04.116.
14. Valerie López-Carrasquillo, Sangchul Hwang. Comparative assessment of pervious concrete mixtures containing fly ash and nanomaterials for com-pressive strength, physical durability, permeability, water quality performance and production cost. *Construction and Building Materials*. 2017. Vol. 139, pp. 148–158. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.02.052.
15. Hao Wu, Zhuo Liu, Beibei Sun, Jian Yin. Experimental investigation on freeze–thaw durability of Portland cement pervious concrete (PCPC). *Construction and Building Materials*. 2016. Vol. 117, pp. 63–71. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.04.130.
16. R. Pieralisi, S.H.P. Cavalaro, A. Aguado. Discrete element modelling of the fresh state behavior of pervious concrete. *Cement and Concrete Research*. 2016. Vol. 90, pp. 6–18. DOI: 10.1016/j.cemconres.2016.09.010.
17. Seung Bum Park, Byung Jae Lee, Jun Lee, Young Il Jang. A study on the seawater purification characteristics of water-permeable concrete using recycled aggregate. *Resources, Conservation and Recycling*. 2010. Vol. 54, pp. 658–665. DOI: 10.1016/j.resconrec.2009.11.006.
18. Xiaodi Hu, Kang Dai, Pan Pan. Investigation of engineering properties and filtration characteristics of porous asphalt concrete containing activated carbon. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 209, pp. 1484–1493. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.115.
19. Gordana Toplicic-Curcic, Dusan Grdic, Nenad Ristic, Zoran Grdic. Environmental importance, composition and properties of pervious concrete. *Building materials and structures*. 2016. Volume 59. Issue 2. P. 15-27.
20. Dr. Brian Shackel. Desin of permeable paving subject to traffic // 8th International Con-ferce on Concrete Block Paving, November 6-8, 2006 San Francisco, California USA. Pp. 51–60.
21. Shihui Shen, Maria Burton, Bertram Jobson, Liv Haselbach. Pervious concrete with titanium dioxide as a photocatalyst compound for a greener urban road environment. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 35, Pp. 874–883. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.04.097.
22. J. M.G. Buchan, B.C. Scharenbroch. Belowground effects of porous pavements. Soil moisture and chemical properties. 2013. Vol. 51, Pp. 221–228. DOI : 10.1016/j.ecoleng.2012.12.041
23. D.S. Shah, J. Pitroda. Pervious concrete: new era for rural road pavement. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 2013. Vol. 4. Pp. 3495–3498. ISSN: 2231–5381.

24. Subbotin O.S. Building materials and technologies of modern housing: architectural and ecological aspects // Construction Materials and Products. 2019. Volume 2. Issue 4. Pp. 84 – 88.
25. Petrovic Milos Z., Doric-Veljkovic Snezana M., Karamarkovic Jugoslav P. Zastita zivotne sredine u gradevinarstvu sa osvrtom na primenu ekoloskih i nano materijala. Vojnotehnickiglasnik. 2015. Vol. 63, Br. 2. Pp. 179–194
26. Wuguang Lin, Dae-Geun Park, Sung Woo Ryu, Byeong-Tae Lee, Yoon-Ho Cho. Development of permeability test method for porous concrete block pavement materials considering clogging. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 118, pp. 20–26. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.107.
27. Alalea Kia, Hong S. Wong, Christopher R. Cheeseman. Clogging in per-meable concrete: A review. Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 193, pp. 221–233. DOI: 10.1016/j.jenvman.2017.02.018.
28. Chao Xie, Linjuan Yuan, Min Zhao, Yinghui Jia. Study on failure mecha-nism of porous concrete based on acoustic emission and discrete element method. Construction and Building Materials. 2020. Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2019.117409.
29. Nicholas A. Brake, Hamid Allahdadi, Fatih Adam. Flexural strength and fracture size effects of pervious concrete. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 113, pp. 536–543. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2016.03.045.
30. Jiusu Li, Yi Zhang, Guanlan Liu, Xinghai Peng. Preparation and perfor-mance evaluation of an innovative pervious concrete pavement. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 138, pp. 479–485. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.01.137.
31. Tarmac, a CRH company [Online]. URL: <http://www.tarmac.com> (date of application: 19.03.2020).
32. Strokova, V.V. Sravnitel'naja ocenka konstrukcij dorozhnoj odezhdy s ispol'zovaniem cementobetona / V.V. Strokova, V.B. Babaev, A.Ju. Markov, K.G. Sobolev, V.V. Neljubova // Stroitel'-nye materialy i izdelija. 2019. T. 2. № 4. S. 56–63.(rus).
33. Trautvain A.I. Analiz vlijanija kachestvennogo sostava asfal'tobetonnoj smesi na os-novnye pokazateli harakteristik asfal'tobetona v pokrytii// Stroitel'-nye materialy i izdelija. 2019. T. 2. № 1. S. 17-23. (rus).

Информация об авторах

Лакетич Александр

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, Россия, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов.

E-mail: aleksandar.laketic@hotmail.com

Лакетич Снежана Кареновна

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», г. Белгород, Россия, магистрант кафедры экспертизы и управления недвижимостью.

E-mail: tsurkina.snezhana@mail.ru

Строкова Валерия Валерьевна

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»: г. Белгород, Россия, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедение и технологии материалов.

E-mail: vvstrokova@gmail.com

Information about authors

Laketich Aleksandar

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, graduate student of the department of materials science and materials technology.

E-mail: aleksandar.laketic@hotmail.com

Laketich Snezhana K.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, master's student of the department of real estate assessment and management.

E-mail: tsurkina.snezhana@mail.ru

Strokova Valerija V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, doctor of technical sciences, professor, head of the department of materials science and materials technology.

E-mail: vvstrokova@gmail.com