

УДК 624.046.2:666.96

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-142-150

*В.Н. ЛУКАШЕВИЧ, О.Д. ЛУКАШЕВИЧ, Р.И. МОКШИН,
Томский государственный архитектурно-строительный университет*

ПРЕИМУЩЕСТВА СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Актуальность работы предопределена потребностью улучшения характеристик конструктивных слоев дорожных одежд, поскольку в условиях повышения грузоподъемности транспортных средств, значительной интенсивности их движения дорожные одежды, запроектированные и построенные в соответствии с требованиями действующих нормативных документов, разрушаются, не выдерживая установленных сроков службы. Дисперсное армирование покрытий и оснований дорожных одежд химическими волокнами может быть одним из путей решения этой проблемы.

Целью работы являлось исследование процессов структурообразования дисперсно-армированных конструктивных слоев дорожных одежд, выполненных из органоминеральных смесей. Приведены результаты теоретических исследований влияния различных методов армирования на трещинообразование конструктивных слоев дорожных одежд из органоминеральных смесей. Показано, что при направленном армировании конструктивных слоев с использованием сеток растягивающие напряжения компенсируются только в нижней части слоя, там, где расположена сетка. По краям чаши прогиба в верхней зоне конструктивного слоя растягивающие напряжения не компенсируются, поскольку армирующая сетка расположена в нижней части слоя. При дисперсном армировании химические волокна пронизывают весь объем конструктивного слоя, в том числе и его верхнюю часть, где воспринимают растягивающие нагрузки и снижают вероятность образования трещин.

Реализация жидкофазного метода дисперсного армирования органоминеральных смесей приводит к улучшению адгезии битума к поверхности волокон дисперсной арматуры.

Ключевые слова: конструктивный слой дорожной одежды; покрытие дорожной одежды; основание дорожной одежды; дисперсная арматура; химические волокна; адгезия битума к поверхности армирующих волокон; адсорбционно-сольватные оболочки битума.

Для цитирования: Лукашевич В.Н., Лукашевич О.Д., Мокшин Р.И. Преимущества структурообразования дисперсно-армированных органоминеральных смесей // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 5. С. 142–150.

DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-142-150

*V.N. LUKASHEVICH, O.D. LUKASHEVICH, R.I. MOKSHIN,
Tomsk State University of Architecture and Building*

STRUCTURE FORMATION OF DISPERSION HARDENED ORGANOMINERAL MIXTURES

The relevance of the work is determined by the need to improve the properties of the road pavement layers. Under conditions of increasing carrying capacity of vehicles and traffic intensity, pavements designed and constructed in accordance with the regulatory documents are destroyed without reaching the required service life. The pavement reinforcement with chemical fibers is one of the ways to solve this problem. The aim of this work is to study the structure

formation of dispersion reinforcement of the pavement layers made of organomineral mixtures. Theoretical calculations are presented for the structural formation with directional reinforcement by using meshes and interlayers with dispersed reinforcement. It is shown that directional reinforcement of the structural layers provides compensation of tensile stresses only at the bottom layer, where the mesh locates. At the edges of the deflection bowl in the upper layer, tensile stresses are not compensated because the reinforcing mesh locates at the bottom layer. With dispersed reinforcement, chemical fiber penetrates in the structural layer, including its top and perceive tensile loads and reduce the likelihood of cracking. The implementation of the liquid-phase method of dispersed reinforcement of organomineral mixtures improves the bitumen adhesion to the fiber surface of the dispersed reinforcement.

Keywords: pavement layer; subgrade; dispersed reinforcement; chemical fiber; bitumen adhesion; reinforcing fibers; adsorption solvation layer.

For citation: Lukashevich V.N., Lukashevich O.D., Mokshin R.I. Preimushchestva strukturoobrazovaniya dispersno-armirovannykh organomineral'nykh smesei [Structure formation of dispersion hardened organomineral mixtures]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2021. V. 23. No. 5. Pp. 142–150.
DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-5-142-150

Органоминеральные смеси, используемые для устройства покрытий и оснований дорожных одежд, являются многокомпонентными сложными гетерогенными системами и обладают комплексом характерных свойств (упругость, пластичность, ползучесть, прочность при сжатии, релаксация напряжений и т. д.). Показатели этих свойств predeterminedены в основном характеристиками вяжущих, используемых для приготовления органоминеральных смесей. Применение вяжущих на основе нефтяных битумов приводит к тому, что конструктивные слои дорожной одежды приобретают свойства термопластичных материалов, характеристики которых зависят от температуры слоя. В летний период температура дорожного покрытия может превышать 60 °С. Под воздействием таких температур ухудшаются характеристики органоминеральных смесей, что приводит к колееобразованию, возникновению гребенки и других деформаций. Для борьбы с этими негативными явлениями применяют различные методы, повышающие сдвигоустойчивость материала, в том числе использование более вязких битумов. Однако в холодное время года, при значительных отрицательных температурах, адсорбционно-сольватные оболочки из более вязких битумов, обеспечивающие связь между частицами минерального материала, теряют эластичность, становятся более хрупкими. Это приводит к повышению интенсивности трещинообразования. Таким образом, для снижения интенсивности возникновения вышеуказанных деформаций и разрушений конструктивных слоев дорожных одежд из органоминеральных смесей необходимо решить довольно сложную задачу – повысить сдвигоустойчивость материала в жаркий летний период и понизить его трещинообразование в холодный зимний период.

Анализ многолетних исследований методов улучшения характеристик органоминеральных материалов позволяет отнести все предлагаемые решения к технологическим либо конструктивным методам [1].

Конструктивные методы основаны на рациональном конструировании дорожных одежд, снижающем уровень напряжений в слое. Они направлены на уменьшение: взаимодействия (горизонтального) между слоями покрытия и ос-

нования за счет применения прослоек из высокопластичных и деформативных материалов, снижающих трение между покрытием и основанием; температурных перепадов в асфальтобетоне за счет увеличения толщины слоя покрытия; растягивающих напряжений в асфальтобетоне в результате армирования слоя покрытия сетками; растягивающих напряжений в асфальтобетоне с помощью нарезки оптимального количества швов в основании или создания множества микротрещин для ограничения величины их раскрытия.

В основе технологических методов лежит регулирование свойств асфальтобетонного покрытия и укрепленного неорганическим вяжущим материала основания. Они направлены на увеличение: механической прочности материала на растяжение за счет оптимизации расхода вяжущего и дисперсного армирования; деформативности путем подбора его зернового состава, вида и расхода вяжущего; релаксационной и деформативной способности за счет использования менее вязких битумов, снижения концентрации минерального порошка в асфальтовом вяжущем, применения полимерных добавок в битум, ПАВ. В группу этих методов входит применение полимерных добавок. Полимерные добавки вводятся преимущественно в битум [2–5]. Однако достичь заданной цели этим способом не представляется возможным, т. к. полимерный материал диспергируется в среде битума. Улучшаются физико-механические свойства, незначительно повышается трещиностойкость [6, 7]. К числу технологических методов относится метод увеличения деформативности минеральных материалов, обработанных неорганическими вяжущими, с помощью подбора оптимального гранулометрического состава, вида и расхода вяжущего [5, 8–12].

Наиболее интересным, целесообразным и перспективным в группе технологических методов, на наш взгляд, является метод дисперсного армирования органоминаральных смесей [13–16]. Улучшаются структурно-механические и деформативно-прочностные свойства дисперсно-армированных органо-минеральных материалов [18–20]. Введение дисперсной арматуры повышает сдвигоустойчивость покрытий из органо-минеральных материалов при высоких положительных летних температурах, снижая интенсивность возникновения волн, наплывов, а также колееобразования. При отрицательных температурах волокна дисперсной арматуры воспринимают растягивающие усилия, возникающие в конструктивных слоях дорожной одежды. Адсорбционно-сольватные оболочки битума на поверхности частиц минерального материала работают в менее напряженном режиме. Интенсивность трещинообразования при этом снижается. Метод дисперсного армирования имеет существенные преимущества перед методами армирования конструктивных слоев дорожных одежд с помощью сеток и прослоек.

Анализ существующего опыта применения сеток и прослоек для армирования конструктивных слоев дорожных одежд позволяет заключить, что эти методы являются эффективным средством борьбы с трещинообразованием покрытий. Однако направленное армирование позволяет устранять либо уменьшать трещинообразование только в нижней части слоя. Если рассмотреть чашу прогиба дорожной одежды, возникающую под воздействием колеса автомобиля (рис. 1), можно отметить, что эффективность армирования сетками обеспечивается только в нижней части слоя, т. к. растягивающие напряжения воспринимаются расположенной

там сеткой. По краям чаши прогиба в нижней части слоя покрытия (там, где расположена сетка) возникают сжимающие напряжения.

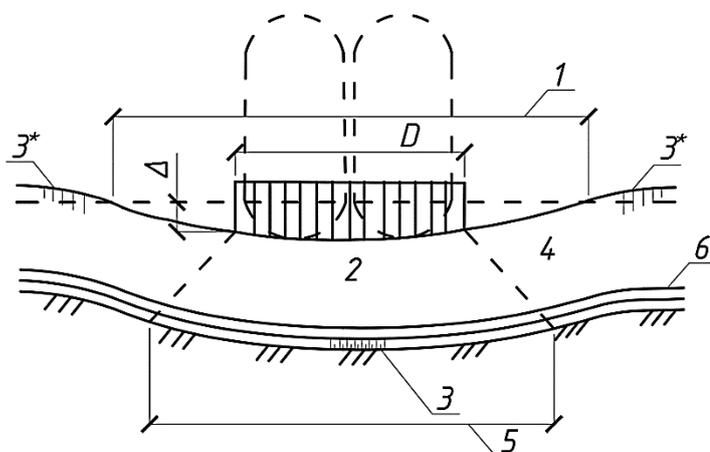


Рис. 1. Влияние различных методов армирования покрытия на разрушение нежестких дорожных одежд под воздействием подвижной нагрузки:

1 – чаша прогиба; 2 – зона сжатия; 3 – зона растяжения в нижней части дорожной одежды; 3* – зона растяжения в верхней части дорожной одежды; 4 – поверхность среза; 5 – площадь передачи давления на грунт; 6 – армирующая сетка; Δ – осадка дорожной одежды; D – диаметр площадки, равновеликой площади контакта шины с покрытием

В верхней же части слоя появляются растягивающие напряжения, которые ничем не компенсируются, т. к. армирующая сетка находится в нижней части слоя покрытия. Именно по этой причине трещинообразование на асфальтобетонном покрытии, армированном в нижней части сетками, начинается с поверхности покрытия. Затем трещина распространяется вглубь слоя покрытия и, достигая армирующей сетки, останавливается. Этот процесс, по данным многих исследований, протекает на протяжении более длительного периода, чем в дорожных одеждах, устроенных без использования армирующих сеток. Таким образом, армирование асфальтобетонных покрытий сетками не исключает трещинообразования на поверхности покрытия. Кроме того, этот метод не позволяет одновременно повысить трещиностойкость и улучшить весь комплекс свойств конструктивного слоя.

При дисперсном армировании образуется объемная армирующая структура из волокон дисперсной арматуры. Отрезки волокон армирующих структур распределяются по всему объему конструктивного слоя. Они находятся и в нижней, и в верхней части слоя, в том числе в зоне образования трещин 3*, в той зоне, в которой при направленном армировании растягивающие напряжения ничем не компенсируются, поскольку направленная арматура в этой части конструктивного слоя отсутствует. Таким образом, дисперсное армирование снижает интенсивность образования трещин и в нижней, и в верхней части конструктивных слоев дорожной одежды, что является существенным преимуществом этого метода армирования.

Существуют различные методы дисперсного армирования органоминеральных смесей. Общепринятым методом является введение в смесь отрезков волокон (дискретный метод дисперсного армирования) [1]. Разработаны другие оригинальные методы дисперсного армирования органоминеральных смесей, предусматривающие введение в армируемую смесь расплава либо раствора волокнообразующего полимера (жидкофазный метод дисперсного армирования) с последующим формированием армирующих волокон непосредственно в приготавливаемой смеси [17, 18]. Введение в органоминеральную смесь расплава волокнообразующего полимера предоставляет ряд технологических преимуществ. К ним можно отнести возможность использования для дисперсного армирования любых термопластичных полимеров, в том числе в виде различных отходов и побочных продуктов промышленности, не обладающих волокнистой структурой.

Очень важным фактором, влияющим на процессы структурообразования органоминеральных смесей, является адгезия вяжущего к компонентам смеси. При введении в асфальтобетонную смесь отрезков химических волокон не всегда обеспечивается необходимая адгезия нефтяного битума к поверхности дисперсной арматуры. Для повышения адгезии волокна дисперсной арматуры обрабатывают поверхностно-активными веществами (ПАВ). Это повышает стоимость материала и усложняет технологию приготовления смеси. При реализации жидкофазного метода дисперсного армирования волокнообразующий полимер вводится через фильеры в виде расплава или раствора непосредственно в смесительную установку. При этом формирование армирующих волокон и создание пространственной армирующей решетки происходит непосредственно в смесителе. Адгезия нефтяного битума к волокнам дисперсной арматуры, формирующимся из расплава или раствора волокнообразующего полимера, существенно выше, чем к уже сформированным волокнам (полимер в твердом состоянии). Для проверки этого предположения были проведены экспериментальные исследования величины адгезии битума к волокнообразующему полимеру, находящемуся в твердом состоянии, в состоянии расплава и раствора. Оценка адгезии производилась по величине краевого угла смачивания нефтяным битумом марки БНД 90/130 поверхности волокнообразующего полимера. Результаты исследования представлены на рис. 2.

В ходе экспериментальных работ были приготовлены образцы полимеров, используемых для производства волокон по технологиям «из расплава» и «из раствора». Образец (*a*) представлял собой изотактический полипропилен в твердом состоянии, а образец (*б*) – тот же полимер в состоянии расплава. Образцы (*в*) и (*г*) представляли собой поликарбонат соответственно чистый и наполненный. На поверхность каждого образца размещалась капля горячего битума марки БНД 90/130. На каждый образец направлялся луч мультимедийного проектора. Изображение капли битума на образце полимера проецировалось на белый экран, где контуры капли достраивались до полного круга, выявлялся его центр и определялся краевой угол смачивания.

На рис. 2 видно, что краевой угол смачивания нефтяным битумом волокнообразующего полимера в состоянии расплава и раствора существенно ниже, чем краевой угол смачивания волокнообразующего полимера, находящегося

в твердом состоянии. Следовательно, адгезия битума к твердому полимеру существенно ниже, чем к полимеру в состоянии расплава и раствора.

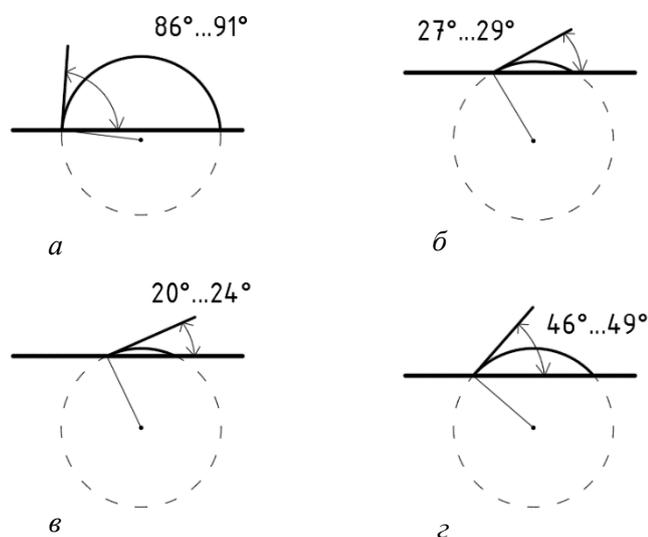


Рис. 2. Расчетные схемы для определения величины краевого угла смачивания нефтяным битумом поверхностей волокнообразующих полимеров:
a – полипропилен в твердом состоянии; *б* – полипропилен в состоянии расплава;
в – поликарбонат в растворенном состоянии; *г* – наполненный поликарбонат в растворенном состоянии

Таким образом, вышеприведенные исследования показали, что при направленном армировании конструктивных слоев с использованием сеток растягивающие напряжения компенсируются только в нижней части слоя, там, где расположена сетка. По краям чаши прогиба, в верхней зоне конструктивного слоя, растягивающие напряжения не компенсируются, поскольку армирующая сетка расположена в нижней части слоя. Дисперсное армирование химическими волокнами позволяет создать в конструктивном слое дорожной одежды пространственную армирующую решетку, пронизывающую весь объем слоя. При этом растягивающие напряжения, возникающие по краям чаши прогиба в верхней части конструктивного слоя, воспринимаются волокнами дисперсной арматуры, расположенной в этой зоне слоя, что снижает нагруженность адсорбционно-сольватных оболочек нефтяного битума и уменьшает вероятность образования трещин. Реализация жидкофазного метода дисперсного армирования органоминеральных смесей приводит к улучшению адгезии нефтяного битума к поверхности волокон дисперсной арматуры, что также снижает интенсивность трещинообразования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Армирование асфальтобетонных покрытий при строительстве и реконструкции дорожных одежд // ОИ/ЦБНТИ Минавтодора РСФСР. Вып. 5. Автомобильные дороги. Москва, 1990. 44 с.

2. *Кисина А.М., Стабников Н.В.* Исследование свойств битумов, модифицированных полимерными добавками // Труды Союздорнии, 1970. Вып. 46. С. 181–186.
3. *Маркина Г.Я., Гезенцевей Л.Б.* Исследование асфальтобетона с добавкой нефтеполимерной смолы // Применение полимерных материалов в дорожном строительстве : труды Союздорнии, 1977. Вып. 89. С. 95–104.
4. *Методические рекомендации* по применению асфальтобетонных смесей с полимерными отходами промышленности. Москва : Союздорнии, 1986. 26 с.
5. *Рвачева Э.М., Плотникова Н.А., Гофман Л.М.* Улучшение свойств полимеров // Применение полимерных материалов в дорожном строительстве : труды Союздорнии, 1977. Вып. 89. С. 88–95.
6. *Гохман Л.М.* Комплексные органические вяжущие на основе ПАВ и полимеров // Полимерные материалы в строительстве покрытий автомобильных дорог. Москва, 1981 С. 28–33.
7. *Методические рекомендации* по приготовлению и применению комплексных органических вяжущих продуктов переработки нефти и угля ПАВ полимеров и других высокодисперсных наполнителей. Москва : Союздорнии, 1987. 49 с.
8. *Плотникова И.А.* Оптимальное использование битумов разных марок в асфальтобетонных смесях // Автомобильные дороги. 1982. № 4. С. 4–6.
9. *Фарберов Е.Я., Лаврухин В.П., Микрин В.И.* Вяжущие из гудрона с добавками каменноугольных смол // Автомобильные дороги. 1983. № 1. С. 8–10.
10. *Финашин В.Н.* Дорожные основания из битумоминеральных смесей. Москва : Транспорт, 1984. 120 с.
11. *Фрязинов В.В., Грудников И.В.* Зависимость некоторых структурно-механических и товарных свойств битумов от их компонентного состава и качества масляного компонента : труды Союздорнии. 1970. Вып. 46. С. 40–70.
12. *Хрипунов В.А.* Структура и свойства полимербетона ФАМ с дисперсным армированием : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Саратов, 1990. 21 с.
13. *Мерзлякин А.Е., Гамеляк И.П.* Испытания конструкций дорожных одежд для оценки эффективности применения дисперсно-армированного асфальтобетона // Конструирование, расчет и испытание дорожных одежд : труды Союздорнии. 1990. С. 17–25.
14. *Smith R.D.* Laboratory testing of fabric interlayer for asphalt concrete paving: interim report // Transp. Res. Rec. 1983. № 916. P. 6–18.
15. *Tessoneau H.* Revement Tris mince Mediflex en couche de Voulement sur Absur troisième Voie Macon nord // Revue generale des Routes et des Aerodromes. 1988. V. 62. № 650. P. 77–78.
16. *Pinaud Y., Hintzi J., Poirier J., Chanseaulme M.* Le Rugoflex. Une experience de dix ans // Revue generale des Routes et des Aerodromes. 1988. № 649. P. 61–64.
17. *Пиеничных О.А., Скорик Д.С.* Опыт применения дисперсно-армированных асфальтобетонов в дорожном строительстве // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. Вып. 141. С. 121–127.
18. *Лукашевич В.Н., Ефанов И.Н., Прокофьева Г.И., Вакс И.В.* Исследования структурно-механических свойств дисперсно-армированных органоминеральных материалов // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2015. № 6. С. 177–185.
19. *Алиахван А., Калгин Ю.И.* Улучшение структурно-механических свойств теплового асфальтобетона методом полимерно-дисперсного армирования // Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей. 2021. Вып. 61. С. 53–61.
20. *Пиеничных О.А.* Деформационно-прочностные характеристики дисперсно-армированных асфальтобетонов // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2020. Вып. 143. С. 41–44.
21. *Патент № 2135426 Российская Федерация, МКИ С 04 В 26/26//С 04 В 11:20, Е01С 19/10.* Способ армирования асфальтобетонной смеси и устройство его осуществления / Лукашевич В.Н. // Открытия. Изобретения. 1999. № 24.

22. Патент № 2102353 Российская Федерация, МКИ С 04 В 26/26//С 04 В 111:20. Способ армирования асфальтобетонной смеси / Лукашевич В.Н. [и др.] // Открытия. Изобретения. 1998. № 2.

REFERENCES

1. Armirovanie asfal'tobetonnykh pokrytij pri stroitel'stve i rekonstrukcii dorozhnyh odezhd [Reinforcement of asphalt concrete pavements during the construction and reconstruction of road pavements]. Moscow, 1990. 44 p. (rus)
2. Kisina A.M., Stabnikov N.V. Issledovanie svojstv bitumov, modificirovannykh polimernymi do-bavkami [The properties of bitumen modified by polymer additives]. In: Trudy Soyuzdornii, 1970. No. 46. Pp. 181–186. (rus)
3. Markina G.Ya., Gezenchev L.B. Issledovanie asfal'tobetona s dobavkoj neftepoli-mernoj smoly [Asphalt concrete with the addition of petroleum resin]. In: Primenenie polimernykh materialov v dorozhnom stroitel'stve. Trudy Soyuzdornii. 1977. No. 89. Pp. 95–104. (rus)
4. Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu asfal'tobetonnykh smesej s polimernymi othodami promyshlennosti [Guidelines for the use of asphalt concrete mixtures with polymer industrial waste]. Moscow: Soyuzdornii, 1986. 26 p. (rus)
5. Rvacheva E.M., Plotnikova N.A., Gofman L.M. Uluchshenie svojstv polimerov [Improvement of polymer properties]. In: Primenenie polimernykh materialov v dorozhnom stroitel'stve. Trudy Soyuzdornii. 1977. No. 89. Pp. 88–95. (rus)
6. Gohman L.M. Kompleksnye organicheskie vyazhushchie na osnove PAV i polimerov [Complex organic binders based on surfactants and polymers]. In: Polimernye materialy v stroitel'stve pokrytij avtomobil'nykh dorog. Moscow, 1981 Pp. 28–33. (rus)
7. Metodicheskie rekomendacii po prigotovleniyu i primeneniyu kompleksnykh organi-cheskikh vyazhushchih produktov pererabotki nefiti i uglja PAV polimerov i drugih vyso-kodispersnykh napolnitelej [Guidelines for preparation and use of complex organic binders of oil and coal processing, polymer surfactants and other highly dispersed fillers]. Moscow: Soyuzdornii, 1987. 49 p. (rus)
8. Plotnikova I.A. Optimal'noe ispol'zovanie bitumov raznykh marok v asfal'tobetonnykh smesyah [Optimal use of different brands of bitumen in asphalt mixes]. *Avtomobil'nye dorogi*. 1982. No. 4. Pp. 4–6. (rus)
9. Farberov E.Ya., Lavruhin V.P., Mikrin V.I. Vyazhushchie iz gudrona s dobavkami kamen-nou-gol'nykh smol [Tar binders with coal additives]. *Avtomobil'nye dorogi*. 1983. No. 1. Pp. 8–10. (rus)
10. Finashin V.N. Dorozhnye osnovaniya iz bitumomineral'nykh smesej [Road bases made of bitumen-mineral mixtures]. Moscow: Transport, 1984. 120 p. (rus)
11. Fryazinov V.V., Grudnikov I.V. Zavisimost' nekotorykh strukturno-mekhanicheskikh i tovarnykh svojstv bitumov ot ih komponentnogo sostava i kachestva maslyanogo kompo-nenta [Dependence of structural, mechanical and commercial properties of bitumen on composition and quality of oil component]. *Trudy Soyuzdornii*. 1970. No. 46. Pp. 40–70. (rus)
12. Hripunov V.A. Struktura i svojstva polimerbetona FAM s dispersnym armirovaniem. Avtoreferat diss. ... kand. tekhn. nauk. [Structure and properties of FAM polymer concrete with dispersed reinforcement. PhD Abstract]. Saratov, 1990. 21 p. (rus)
13. Merzlikin A.E., Gamelyak I.P. Ispytaniya konstrukcij dorozhnyh odezhd dlya ocenki effektivnosti primeneniya dispersno armirovannogo asfal'tobetona [Pavement testing to assess the effectiveness of dispersion reinforced asphalt concrete]. In: Konstruirovanie, raschet i ispytanie dorozhnyh odezhd. Soyuzdornii. 1990. Pp. 17–25. (rus)
14. Smith R.D. Laboratory testing of fabric interlayer for asphalt concrete paving: interim report. *Transportation Research Record*. 1983. No. 916. Pp. 6–18.
15. Tessoneau H. Revement tris mince mediflex en couche de voulement sur absur troisieme voie macon nord. *Revue Generale des Routes et des Aerodromes*. 1988. V. 62. No. 650. Pp.77–78.
16. Pshenichnykh O.A., Skorik D.S. Opyt primeneniya dispersno-armirovannykh asfal'tobetonov v dorozhnom stroitel'stve [Application of dispersion-reinforced asphalt concrete in road construction]. *Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury*. No. 141, Pp. 121–127. (rus)
17. Lukashevich V.N., Efanov I.N., Prokof'eva G.I., Vaks I.V. Issledovaniya strukturno-mekhanicheskikh svojstv dispersno-armirovannykh organomineral'nykh materialov [Structure and me-

- chanical properties of fiber-reinforced organo-mineral materials]. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2015. No. 6. Pp. 177–185. (rus)
18. *Alshakhvan A., Kalgin Yu.I.* Uluchshenie strukturno-mekhanicheskikh svoystv teplogo asfal'tobetona metodom polimerno-dispersnogo armirovaniya [Improvement of structural and mechanical properties of warm asphalt concrete by polymer-dispersed reinforcement]. *Proektirovanie i stroitel'stvo dorog, metropolitenov, aerodromov, mostov i transportnykh tonnelei*. 2021. No. 61. Pp. 53–61. (rus)
 19. *Pshenichnykh O.A.* Deformatsionno-prochnostnye kharakteristiki dispersno-armirovannykh asfal'tobetonov [Deformation and strength properties of dispersion-reinforced asphalt concrete]. *Vestnik Donbasskoi natsional'noi akademii stroitel'stva i arkhitektury*. 2020, No. 143. Pp. 41–44. (rus)
 20. *Pinaud Y., Hintzi J., Poirier J., Chanseaulme M.* Le rugoflex. Une experience de dix ans. *Revue Generale des Routes et des Aerodromes*. 1988. No. 649. Pp. 61–64.
 21. *Lukashevich V.N.* Sposob armirovaniya asfal'tobetonnoj smesi i ustrojstvo ego osushchestvleniya [Reinforcement method of asphalt concrete mixture and a device for its implementation]. Patent Russ. Fed. N 2135426, 1999. (rus)
 22. *Lukashevich V.N., et al.* Sposob armirovaniya asfal'tobetonnoj smesi [Reinforcement method of asphalt concrete mixture]. Patent Russ. Fed. N 2102353, 1998. (rus)

Сведения об авторах

Лукашевич Виктор Николаевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, vnLuc@yandex.ru

Лукашевич Ольга Дмитриевна, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, odluk@yandex.ru

Мокшин Роман Ильич, аспирант, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, mokshinroman@mail.ru

Authors Details

Viktor N. Lukashevich, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, vnLuc@yandex.ru

Olga D. Lukashevich, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, odluk@yandex.ru

Roman I. Mokshin, Research Assistant, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, mokshinroman@mail.ru