

EDN: EPSGRE

УДК 625.855.3

**О. А. ПШЕНИЧНЫХ<sup>а</sup>, Е. А. РОМАСЮК<sup>а</sup>, И. Е. ВОЛОЩУК<sup>а</sup>, С. П. ДОРОХОВА<sup>а</sup>, Д. А. САМСОНОВ<sup>а</sup>,  
Е. Н. ХОМУТОВ<sup>а</sup>, Р. Р. ГАЙДАЙ<sup>б</sup>**<sup>а</sup> ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», <sup>б</sup> ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДИСПЕРСНО-АРМИРОВАННЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

**Аннотация.** Экспериментально доказано, что введение в асфальтобетонные смеси дисперсной арматуры в виде стекловолокна, полипропиленовых и хризотиласбестовых волокон позволяет значительно повысить усталостную долговечность дисперсно-армированных асфальтобетонов при действии кратковременных циклических и длительных статических нагрузок. Установлено, что оптимальное содержание полипропиленового волокна (0,7 % мас.) позволило в 1,6 раз повысить усталостную долговечность асфальтобетона типа «Гх» при транспортных циклических нагрузках. Оптимальное содержание стекловолокна и хризотил-асбестовых волокон (1,5 % мас.) позволило повысить усталостную долговечность дисперсно-армированных горячих асфальтобетонов при кратковременном циклическом нагружении на 32 и 22 % соответственно. Введение данных волокон в мелкозернистую асфальтобетонную смесь типа «Б» позволило повысить в среднем в 1,9–2,1 раз усталостную долговечность при действии длительных статических нагрузок.

**Ключевые слова:** асфальтобетон, дисперсное армирование, волокна, усталостная долговечность.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время на автомобильных дорогах общего пользования наблюдается значительный рост осевых нагрузок, скоростей и интенсивности автомобильного транспорта, вследствие чего верхние слои дорожной одежды и слои основания подвергаются воздействию больших разрушающих напряжений. В условиях Донецкой Народной Республики и Российской Федерации, где на основной территории наблюдаются высокие летние температуры (около 60 °С на покрытии), низкие зимние (минус 30 – минус 60 °С) и частый переход через 0 °С, приводит к интенсивному накоплению пластических деформаций в виде волн, наплывов и колеи. К тому же в расчетный период наблюдается образование трещин, связанных с ослаблением (продавливанием) основания дорожной одежды, что приводит к развитию усталостного разрушения конструктивных слоев дорожной одежды. В конечном итоге это вызывает потерю работоспособности дорожного покрытия и соответственно требующую дорогостоящих ремонтов.

Поскольку быстрая потеря работоспособности верхних слоев нежестких дорожных одежд связана с ростом действия нагрузок от автотранспортных средств на покрытие автомобильных дорог, следует обратить особое внимание на улучшение реологических свойств асфальтобетона, определяющих работу материала в силовых полях и на стабильность этих свойств в процессе всего срока эксплуатации асфальтобетонного покрытия.

Наиболее распространенным и положительно зарекомендовавшим себя способом повышения долговечности асфальтобетона является направленное регулирование структуры и свойств нефтяных дорожных битумов и повышение энергетического взаимодействия на поверхности раздела фаз «органическое вяжущее – минеральный материал» введением в битум небольшого количества эффективных полимерных модификаторов. В частности, наиболее эффективным способом является комплексная модификация структуры асфальтобетона, заключающаяся в модификации органического вяжущего полимером и механоактивации минеральных компонентов раствором данного полимерного модификатора [1].

© О. А. Пшеничных, Е. А. Ромасюк, И. Е. Волощук, С. П. Дорохова, Д. А. Самсонов, Е. Н. Хомутов, Р. Р. Гайдай, 2023



Однако комплексная модификация структуры не позволила решить проблему, связанную с остаточной пористостью горячего асфальтобетона (как правило, 2...5 %), вследствие чего в материале остается большое число незамкнутых пор, пустот и, как следствие, очагов концентрации критических напряжений при действии на асфальтобетон динамических и длительных статических нагрузок больших величин. Также комплексная модификация состава и структуры не решает проблемы появления и быстрого роста магистральных трещин в асфальтобетонных слоях при воздействии интенсивной транспортной нагрузки из-за разрушения основания или подстилающего слоя [2, 3].

Наиболее эффективным и целесообразным для промышленного использования является способ дисперсного армирования асфальтобетонных смесей. Он позволяет одновременно снизить вероятность возникновения трещин в покрытии и улучшить показатели физико-механических и структурно-механических свойств асфальтобетонов. В связи с этим представляет интерес разработки составов долговечных асфальтобетонов, которые рационально содержат как модифицированные органические вяжущие, так и дисперсное армирование различными волокнами: полимерными, стеклянными, хризотиласбестовыми [1–3].

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Экспериментальное изучение влияния дисперсной арматуры в виде волокон на усталостную долговечность дисперсно-армированных асфальтобетонов в условиях действия кратковременных циклических и длительных статических нагрузок.

### НАУЧНАЯ ГИПОТЕЗА ИССЛЕДОВАНИЯ

Равномерное распределение дисперсной арматуры, в частности полимерных, базальтовых, хризотилых волокон, внутри структуры асфальтобетонной смеси позволит равномерно компенсировать растягивающие напряжения за счет хаотичного заземления и переплетения армирующих волокон с частичками минерального остова. Благодаря большому пределу прочности волокон при растяжении (более 300 Н/мм<sup>2</sup>) рост трещин от воздействия знакопеременных напряжений значительно замедляется. Поэтому в дисперсно-армированных материалах связь между частицами будет обеспечиваться благодаря двум видам связи: структурированными слоями битума и дисперсной арматурой. Каждая минеральная частица связана с окружающими ее частицами, структурированными слоями битума и волокнами дисперсной арматуры, заземленными в этих слоях, что создаст прочный пространственный каркас и позволит значительно повысить предел прочности дисперсно-армированного асфальтобетона на растяжение при изгибе, сдвигоустойчивость при высоких положительных температурах, трещиностойкость при отрицательных температурах, усталостную долговечность при циклических и статических нагрузках [3–5].

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для выполнения исследования усталостной долговечности дисперсно-армированных асфальтобетонов приняты следующие типы смесей: холодная (тип «Гх») и горячая (тип «Б»).

Зерновой состав минеральной части холодной асфальтобетонной смеси (таблица 1) получен дроблением и рассевом щебня непрерывной гранулометрией согласно ГОСТ 9128-2009.

**Таблица 1** – Зерновой состав минеральной части холодной асфальтобетонной смеси (тип «Гх»)

Тип асфальтобетона	Содержание по массе, % минеральных зерен, которые меньше данного размера, мм							Содержание орг. вяжущего (СГ 90/170)
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,017	
Асфальтобетон холодный песчаный тип «Гх»	100	72	55	42	32	23	16	6 %

В качестве дисперсной арматуры приняты пропиленовые волокна, которые соответствуют ТУ.24.732781078001:2006. На основании выполненных работ [3, 4] оптимальная концентрация пропиленового волокна в холодной асфальтобетонной смеси принята 0,7 %.

В качестве горячего мелкозернистого бетона выбран тип «Б» (состав проф. В. А. Золотарева (таблица 2)).

**Таблица 2** – Зерновой состав минеральной части горячей асфальтобетонной смеси (тип «Б»)

Тип асфальтобетона	Содержание по массе, % минеральных зерен, которые меньше данного размера, мм									Содержание орг. вяжущего (БНД (60/90))
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,017	< 0,071	
Асфальтобетон горячий мелкозернистый, тип «Б»	100	77,2	60	42,8	30	21,7	15,2	10,4	7,2	5,5...6 %

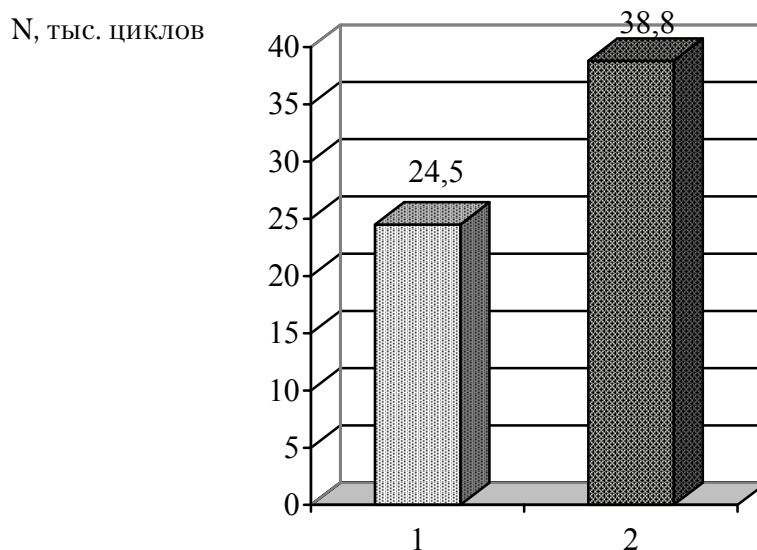
В качестве дисперсной арматуры для горячей мелкозернистой асфальтобетонной смеси приняты стекловолокно (длина волокон – 10...30 мм) и хризотиласбестовые волокна по ГОСТ 12871-93 (длиной от 0,1 до 3 мм и диаметром 5...100 мкм, марка А-6К-30).

Оптимальная концентрация стекловолокна, согласно [5], составляет 1,5 % от массы минеральной части асфальтобетонной смеси.

В соответствии с исследованиями А. Ю. Дедухина [3] оптимальная концентрация хризотиласбестовых волокон для мелкозернистых асфальтобетонных смесей составляет 1,5...1,8 % при содержании минерального порошка в смеси не менее 7 % и органического вяжущего не менее 6 %.

Исследования усталостной долговечности выполнены в соответствии с работами [1, 6] на специальной установке при температуре 20 °С и кратковременной нагрузке 1 МПа с частотой воздействия 1 Гц (нагрузка – 0,1 с, отдых – 0,9 с).

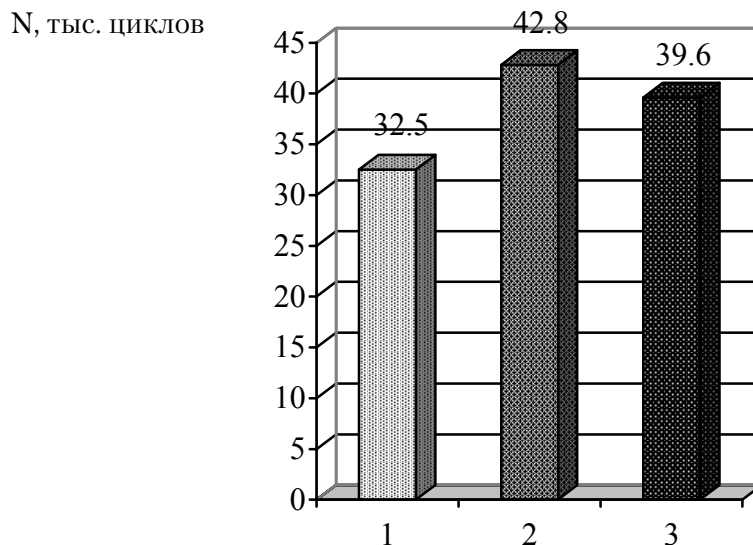
Сравнительная диаграмма полученных результатов исследования усталостной долговечности при воздействии циклического нагружения для холодного дисперсно-армированного асфальтобетона приведена на рис. 1.



**Рисунок 1** – Сравнительная диаграмма усталостной долговечности при циклическом нагружении традиционного холодного асфальтобетона типа Гх (1) и дисперсно-армированного асфальтобетона типа Гх (2) (содержание полипропиленового волокна – 0,7 %).

Оптимальное содержание полипропиленового волокна – 0,7 % от массы холодной асфальтобетонной смеси позволило в 1,6 раз повысить усталостную долговечность асфальтобетона типа «Гх», так как при встрече развивающейся трещины с полипропиленовыми волокнами они воспринимают растягивающие напряжения благодаря достаточно большой прочности волокон на разрыв (более 400 Н/мм<sup>2</sup>) и тем самым минимизируют развитие усталостного разрушения. Это согласуется с данными, приведенными в работе [4], в которой отмечено, что для дисперсно-армированной холодной органоминеральной смеси подобного состава в процессе испытаний по определению остаточной деформации при постоянной нагрузке характерен более длительный период работоспособности при высокой температуре.

Сравнительная диаграмма полученных результатов исследования усталостной долговечности для горячего дисперсно-армированного асфальтобетона приведена на рис. 2.



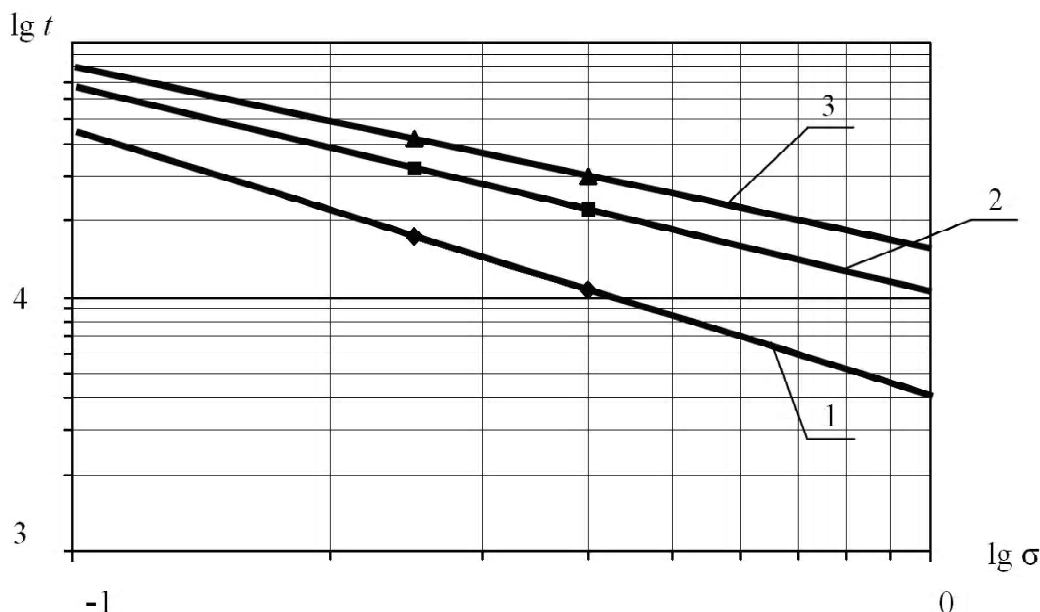
**Рисунок 2** – Сравнительная диаграмма усталостной долговечности при воздействии циклического нагружения традиционного асфальтобетона типа «Б» (1), дисперсно-армированного стекловолокном (1,5 % мас.) (2), дисперсно-армированного хризотиласбестовым волокном (1,5 % мас.) (3).

Оптимальное содержание стекловолокна и хризотиласбестовых волокон позволило повысить усталостную долговечность дисперсно-армированных асфальтобетонов кратковременном циклическом нагружении на 32 и 22 % соответственно. Это свидетельствует об увеличении площади коагуляционных связей в дисперсно-армированной асфальтобетонной смеси вследствие переплетения волокон вокруг частиц минерального материала и объединения друг с другом, создавая достаточно прочную пространственную матрицу из перепутанных волокон, что значительно снижает рост магистральных усталостных трещин. Характерно, что большая длина волокон оказывает положительное влияние на усталостную долговечность дисперсно-армированного асфальтобетона. Длина волокна более 10 мм позволяет переплести и объединять большее количество минеральных частиц: не только мелкие фракции (1,25, 0,63, 0,315, < 0,14), но и более крупные фракции песка и щебня, что, в свою очередь, позволяет создать более жесткий пространственный каркас дисперсно-армированного асфальтобетона. Однако в процессе производства армированных смесей с длинными волокнами возникает проблема равномерного распределения волокон по всей структуре материала.

Введение волокон в мелкозернистую асфальтобетонную смесь типа «Б» позволило повысить в среднем в 1,9–2,1 раз усталостную долговечность при действии длительного статического нагружения (рис. 3). Таким образом, целесообразно использовать дисперсно-армированные асфальтобетоны на участках дорог с интенсивными статическими нагружениями: перекрестки, остановки общественного транспорта и т. д.

## ВЫВОДЫ

Экспериментально доказано, что введение в асфальтобетонные смеси дисперсной арматуры в виде стекловолокна, полипропиленовых и хризотиласбестовых волокон позволяет значительно повысить усталостную долговечность дисперсно-армированных асфальтобетонов при действии кратковременных циклических и длительных статических нагрузок. Установлено, что оптимальное содержание полипропиленового волокна – 0,7 % от массы холодной асфальтобетонной смеси позволило в 1,6 раз повысить усталостную долговечность асфальтобетона типа «Гх». Оптимальное содержание стекловолокна и хризотиласбестовых волокон – 1,5 % от массы горячей асфальтобетонной смеси типа «Б» позволило повысить усталостную долговечность дисперсно-армированных асфальтобетонов при действии кратковременного циклического нагружения на 32 и 22 % соответственно. Введение данных волокон в мелкозернистую асфальтобетонную смесь типа «Б» позволило повысить в среднем в 1,9–2,1 раз усталостную долговечность при длительных статических нагрузках. Целесообразно использовать



**Рисунок 3** – Усталостная долговечность горячих дисперсно-армированных асфальтобетонов при статическом нагружении: 1 – асфальтобетон тип «Б»; 2 – дисперсно-армированный асфальтобетон (тип «Б») хризотил-асбестовым волокном (1,5 % мас.); 3 – дисперсно-армированный асфальтобетон (тип «Б») стекловолокном (1,5 % мас.).

разработанные составы дисперсно-армированных асфальтобетонов на участках дорог с интенсивными статическими нагружениями: перекрестки, остановки общественного транспорта и т. д.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теоретико-экспериментальные принципы получения модифицированных дорожных асфальтобетонов повышенной долговечности : монография / В. И. Братчун, В. Л. Беспалов, М. К. Пактер, Е. А. Ромасюк. – Донецк : Издательство ООО «НПП "Фолиант"», 2020. – 244 с. – Текст : непосредственный.
2. Гамеляк, И. П. Разработка методики конструирования дорожных одежд со слоями из дисперсно-армированных асфальтобетонов : специальность 05.23.11 «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гамеляк Игорь Павлович. – Москва, 1992. – 23 с. – Текст : непосредственный.
3. Дедюхин, А. Ю. Разработка технологии дисперсного армирования асфальтобетонных смесей несортными фракциями волокон хризотила : специальность 05.23.11 «Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Дедюхин Александр Юрьевич. – Воронеж, 2009. – 143 с. – Текст : непосредственный.
4. Ромасюк, Е. А. Бетоны из дисперсно-армированных холодных органоминеральных смесей с повышенными деформационно-прочностными свойствами / Е. А. Ромасюк, А. А. Верещун, Д. С. Бойко. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2017. – Выпуск 2017-2(124) Современные строительные материалы. – С. 34–40. – URL: [http://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2017/vestnik\\_20172\(124\).pdf](http://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2017/vestnik_20172(124).pdf) (дата публикации: 30.05.2017).
5. Дисперсно-армированные стекловолокном дорожные асфальтобетоны / О. А. Пшеничных, Е. А. Ромасюк, Д. В. Гуляк [и др.]. – Текст : электронный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса в рамках 7-го Международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: инфраструктурное и социально-экономическое развитие» : материалы VII Международной научно-практической конференции, 25 мая 2021 г. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2021. – С. 140–144. – URL: <http://www.adidonntu.ru/node/2692> (дата публикации: 28.05.2021).
6. Ромасюк, Е. А. Дорожные асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной структурой повышенной усталостной долговечности : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Ромасюк Евгений Александрович. – Макеевка, 2016. – 175 с. – Текст : непосредственный.

Получена 18.01.2023

Принята 27.01.2023

О. А. ПШЕНИЧНЫХ<sup>а</sup>, Е. О. РОМАСЮК<sup>а</sup>, И. Е. ВОЛОЩУК<sup>а</sup>, С. П. ДОРОХОВА<sup>а</sup>,  
Д. А. САМСОНОВ<sup>а</sup>, Е. М. ХОМУТОВ<sup>а</sup>, Р. Р. ГАЙДАЙ<sup>б</sup>  
ДОСЛІДЖЕННЯ ВТОМНОЇ ДОВГОВІЧНОСТІ ДИСПЕРСНО-АРМОВАНИХ  
АСФАЛЬТОБЕТОНІВ

<sup>а</sup> ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», <sup>б</sup> ФДБОУ ВО  
«Донський державний технічний університет»

**Анотація.** Експериментально доведено, що введення в асфальтобетонні суміші дисперсної арматури у вигляді скловолокна, поліпропіленових і хризотилазбестових волокон дозволяє значно підвищити утомну довговічність дисперсно-армованих асфальтобетонів при впливі короточасних циклічних і тривалих статичних навантажень. Встановлено, що оптимальний вміст поліпропіленового волокна (0,7 % мас.) дозволило в 1,6 разів підвищити утомну довговічність асфальтобетону типу «Гх». Оптимальний вміст скловолокна та хризотилазбестових волокон (1,5 % мас.) дозволило підвищити утомну довговічність дисперсно-армованих гарячих асфальтобетонів при впливі короточасного циклічного навантаження на 32 та 22 % відповідно. Введення даних волокон у дрібнозернисту асфальтобетонну суміш типу «Б» дозволило підвищити в середньому в 1,9–2,1 разів утомну довговічність при дії тривалих статичних навантажень.

**Ключові слова:** асфальтобетон, дисперсне армування, волокна, утомна довговічність.

OLEG PSHENICHNYKH<sup>а</sup>, EVGENIY ROMASYUK<sup>а</sup>, ILYA VOLOSHCHUK<sup>а</sup>,  
SVETLANA DOROKHOVA<sup>а</sup>, DMITRIY SAMSONOV<sup>а</sup>, EVGENIY KHOMUTOV<sup>а</sup>,  
RODION GAIDAI<sup>б</sup>  
INVESTIGATION OF FATIGUE LIFE OF DISPERSION-REINFORCED ASPHALT  
CONCRETE

<sup>а</sup> Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, <sup>б</sup> Don State Technical  
University

**Abstract.** The article experimentally proves that the introduction of dispersed reinforcement in the form of glass fiber, polypropylene and chrysotile-asbestos fibers into asphalt concrete mixtures can significantly increase the fatigue life of dispersed-reinforced asphalt concrete under the influence of short-term cyclic and long-term static loads. It has been established that the optimal content of polypropylene fiber (0.7 % wt.) made it possible to increase the fatigue life of asphalt concrete type «Gx» by 1.6 times. The optimal content of glass fiber and chrysotile-asbestos fibers (1.5 % wt.) made it possible to increase the fatigue life of dispersion-reinforced hot asphalt concrete under short-term cyclic loading by 32 and 22 %, respectively. The introduction of these fibers into a fine-grained asphalt concrete mix of type «B» made it possible to increase, on average, 1.9-2.1 times the fatigue life under the influence of long-term static loads.

**Keywords:** asphalt concrete, dispersed reinforcement, fibers, fatigue life.

**Пшеничных Олег Александрович** – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

**Ромасюк Евгений Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка составов технологичных и долговечных асфальтобетонов для устройства и ремонта конструктивных слоев жестких дорожных одежд.

**Волощук Илья Евгеньевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Дорохова Светлана Петровна** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Самсонов Дмитрий Андреевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Хомутов Евгений Николаевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Гайдай Родион Романович** – студент факультета автоматизации, мехатроники и управления ФГБОУ ВО «Донской государственной технической университет». Научные интересы: мехатроника, машиностроение, организация производства в дорожно-строительной сфере.

**Пшеничных Олег Александрович** – ассистент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: комплексно-модифицированные асфальтополимербетоны, армированные полимерными волокнами.

**Ромасюк Евгений Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: разработка составов технологичных и долговечных асфальтобетонов для влаштування та ремонту конструктивных слоев нежесткого дорожного покрытия.

**Волощук Илья Евгенович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Дорохова Светлана Петровна** – магистрант автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Самсонов Дмитрий Андрійович** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Хомутов Евгений Николаевич** – магистрант кафедры автомобильных дорог и аэродромов ДОНУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: модифицированные асфальтобетоны повышенной долговечности.

**Гайдай Родион Романович** – студент факультета автоматизации, мехатроники та управління ФДБОУ ВО «Донський державний технічний університет». Научные интересы: мехатроника, машиностроение, организация производства в дорожно-строительной сфере.

**Pshenichnykh Oleg** – Assistant, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: complex-modified asphalt polymer concrete reinforced with polymer fibers.

**Romasjuk Evgeniy** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of compositions of technological and durable asphalt concrete for the installation and repair of structural layers of non-rigid pavement.

**Voloshchuk Ilya** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modified asphalt concrete of increased durability.

**Dorokhova Svetlana** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modified asphalt concrete of increased durability.

**Samsonov Dmitry** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modified asphalt concrete of increased durability.

**Khomutov Evgeniy** – master's student, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: modified asphalt concrete of increased durability.

**Gaidai Rodion** – a student of the Faculty of Automation, Mechatronics and Control of Don State Technical University. Scientific interests: mechatronics, mechanical engineering, organization of production in the road construction industry.