
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Научная статья

УДК 691.168:625.855.3

DOI: 10.70991/1815-896X-2025-1-53-252-266

EDN: RRSMRW



**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ, ВЫПОЛНЯЮЩИХ ФУНКЦИЮ РАЗДЕЛЕНИЯ
СЛОЕВ ИЗ НЕСВЯЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

Дмитрий Викторович Медведев^{1✉}

Василий Викторович Наумов²

Павел Владимирович Афонин³

¹АНО «Научно-исследовательский институт
транспортно-строительного комплекса» (НИИ «ТСК»),
Москва, Россия

²Российский университет транспорта (МИИТ),
Москва, Россия

³ООО «ТЕРАТЕКС», Благовещенск, Россия

¹medvedev@niitsk.ru✉ SPIN-код: 1435-2811; AuthorID: 1208829

²vasiliy-naumov@yandex.ru

³apv@teratexgeo.ru

Аннотация: В статье рассмотрена эффективность применения геосинтетических материалов, выполняющих функцию разделения слоев из несвязных минеральных материалов в конструкциях автомобильных дорог. Проведен анализ действующей нормативно-технической базы и научных публикаций, посвященных роли геосинтетических материалов в предотвращении перемешивания материалов смежных слоев. На основе лабораторных исследований и натурных испытаний установлено, что использование разделяющих прослоек из геосинтетических материалов позволяет существенно снизить глубину взаимопроникновения частиц, обеспечить сохранение проектных характеристик дорожной одежды и повысить ее эксплуатационную надежность. Проведенный экономический анализ подтвердил целесообразность применения геосинтетики, продемонстрировав

снижение затрат за счет уменьшения перерасхода инертных материалов. Полученные результаты дополняют имеющиеся научные данные и обосновывают включение разделяющей функции геосинтетики в проектные решения при строительстве и реконструкции автомобильных дорог.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, функция разделения, дорожная одежда, перемешивание слоев, лабораторные испытания, натурные исследования, экономическая эффективность.

Для цитирования: Медведев Д.В., Наумов В.В., Афонин П.В. Эффективность применения геосинтетических материалов, выполняющих функцию разделения слоев из несвязных материалов, при строительстве автомобильных дорог // Дороги и мосты. 2025. № 53/1. С. 252-266. DOI: 10.70991/1815-896X-2025-1-53-252-266.

ROAD CONSTRUCTION MATERIALS

Original article

EFFICIENCY OF USING GEOSYNTHETIC MATERIALS PERFORMING THE FUNCTION OF SEPARATING LAYERS OF UNBOUND MATERIALS IN ROAD CONSTRUCTION

Dmitry V. Medvedev^{1✉}

Vasily V. Naumov²

Pavel V. Afonin³

¹ANO «Scientific Research Institute of Transport and Construction complex» (NII «TSK»), Moscow, Russia

²Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

³LLC «TERATEX», Blagoveshchensk, Russia

¹medvedev@niitsk.ru ✉ SPIN-код: 1435-2811; AuthorID: 1208829

²vasiliy-naumov@yandex.ru

³apv@teratexgeo.ru

Abstract: The article examines the effectiveness of using geosynthetic materials that perform the function of separating layers of unbound mineral materials in road pavement structures. An analysis of the current regulatory and technical framework, as well as scientific

publications focused on the role of geosynthetics in preventing intermixing between adjacent layers, is presented. Based on laboratory and full-scale field tests, it has been established that the use of geosynthetics separating layers significantly reduces the depth of particle interpenetration, ensures the preservation of the design characteristics of the pavement structure, and enhances its operational reliability. The economic analysis confirmed the feasibility of using geosynthetics by demonstrating cost savings by reducing overconsumption of aggregates. The obtained results complement the available scientific data and justify the inclusion of the separating function of geosynthetics in design solutions for road construction and reconstruction.

Keywords: geosynthetics, separation function, road pavement, layer intermixing, laboratory testing, field studies, economic efficiency.

For citation: Medvedev D.V., Naumov V.V., Afonin P.V. Efficiency of using geosynthetic materials performing the function of separating layers of unbound materials in road construction // Roads and Bridges. 2025; (53/1): 252-266. (In Russ.). DOI: 10.70991/1815-896X-2025-1-53-252-266.

ВВЕДЕНИЕ

В современном дорожном строительстве обеспечение надежности и долговечности конструкций дорожных одежд остается одной из ключевых задач. Особое внимание уделяется предотвращению перемешивания слоев минеральных материалов, что особенно актуально при использовании дискретных материалов, таких как песок, щебень или щебеночно-песчаная смесь (ЩПС) и др. Перемешивание материалов слоев приводит к потере их проектных характеристик, снижению несущей способности и преждевременному износу дорожной конструкции.

Для решения данной проблемы в дорожном строительстве применяются геосинтетические материалы (ГМ), выполняющие функцию разделения. В отличие от армирующих ГМ, задача которых заключается в усилении конструкций, разделяющие материалы, как правило, имеют сплошную структуру. Они предотвращают взаимное проникновение частиц из смежных слоев, обеспечивая сохранение их гранулометрического состава и эксплуатационных характеристик.

Впервые в России требования к геосинтетическим материалам, применяемым для разделения слоев, были установлены в ГОСТ Р 56419-2015. Данный стандарт регулирует свойства материалов, необходимые для предотвращения перемешивания и создает основу для их применения в дорожных конструкциях. Однако действующая нормативно-техническая база не включает методик, позволяющих количественно оценить эффективность разделяющих ГМ в реальных условиях строительства.

При этом идея применения геосинтетиков для разделения слоев остается недостаточно изученной, а ее практическая реализация требует научного обоснования.

Целью исследования, представленного в данной статье, было изучение влияния геосинтетических материалов на процесс перемешивания слоев минеральных материалов в конструкциях дорожных одежд и подтверждение их эффективности в качестве разделяющей прослойки. Достижение этой цели позволит обосновать применение геосинтетиков для сохранения проектных характеристик слоев, а также повысить долговечность и эксплуатационную надежность дорожных конструкций.

Для реализации поставленной цели требовалось решить следующие задачи:

- проведение анализа существующих требований и методов применения геосинтетических материалов для разделения слоев в дорожных конструкциях;
- экспериментальное исследование процессов перемешивания слоев с использованием и без использования геосинтетиков;
- формулирование рекомендаций по проектированию конструкций с применением геосинтетических материалов для разделения слоев, основанных на результатах исследования.

Использование геосинтетических материалов в качестве разделяющей прослойки, несмотря на их дополнительные затраты, обеспечивает снижение расходов на материалы и укладку за счет уменьшения толщины слоев, предотвращения перерасхода инертных материалов и увеличения срока службы дорожной конструкции. Экономическая эффективность их применения может быть подтверждена посредством количественного анализа затрат на строительство и эксплуатацию конструкций дорожных одежд с разделяющими ГМ по сравнению с традиционными решениями.

1. Роль геосинтетических материалов в разделении слоев: обзор научных исследований

Использование геосинтетических материалов в дорожном строительстве подтверждается многочисленными научными исследованиями и практическим опытом. Исследования демонстрируют не только их эффективность в качестве разделяющих слоев, но и дополнительные свойства, такие как дренирование, при условии соответствия материала необходимым характеристикам.

В работе Алояна Р.М., Петрухина А.Б. и Опариной Л.А. [1] показано, что геотекстиль предотвращает перемешивание слоев и снижает энергозатраты на строительство за счет уменьшения объема инертных материалов. Кроме того, геотекстиль выполняет фильтрующую и дренирующую функции, что особенно важно на слабых водонасыщенных грунтах.

Аналогичные выводы представлены в исследовании Аксёновой Д.В. и соавторов [2], где подчеркивается универсальность геотекстиля, его устойчивость к химическим и биологическим воздействиям. Геотекстиль эффективно предотвращает смешивание грунтов, увеличивая долговечность дорожных конструкций, особенно в сложных климатических условиях.

Работа Золотозубова Д.Г. и Золотозубовой О.А. [3] акцентирует внимание на механических характеристиках геосинтетиков, таких как сопротивление проколам и разрывам. Важно отметить, что недостаточная прочность или дренирующая способность геосинтетика может привести к обратному эффекту – накоплению влаги в конструкции, что требует дополнительных исследований и выбора материалов с оптимальными характеристиками.

Павозков Д.В. [4] рассматривает экономическую эффективность применения геосинтетических материалов. Автор подчеркивает, что их использование снижает затраты на материалы и эксплуатацию за счет предотвращения перерасхода инертных материалов и увеличения срока службы конструкций.

Работы Косиченко Ю.М. и Баева О.А. [5] показывают, что геосинтетические материалы, применяемые в дренажных системах, эффективно выводят воду из конструкции, предотвращая заиливание. Однако авторы указывают на необходимость тщательного выбора материалов для обеспечения их стабильной работы.

Таким образом, исследуемые материалы подтверждают значимость геосинтетиков в дорожном строительстве как в качестве

разделяющих, так и дренирующих элементов. Тем не менее, необходимость дополнительных исследований для оценки долгосрочного влияния их свойств на эксплуатационные характеристики конструкций выходит за рамки настоящей статьи.

Существующие нормативные документы, такие как ГОСТ Р 56419-2015, а также ГОСТ Р 70060-2022, регламентируют основные свойства и требования к геосинтетикам, обеспечивающим разделение слоев, а также оценку долговечности материалов в условиях переменных нагрузок и при воздействии сложных климатических факторов. Но в нормативной базе отсутствуют методики количественной оценки экономической эффективности использования геосинтетиков, что создает пробел в обосновании их применения.

Научные исследования подтверждают способность сплошных геосинтетиков предотвращать перемешивание слоев и выполнять фильтрующие функции. Однако практическая реализация данных свойств требует учета ряда факторов, таких как гидравлическая проводимость, устойчивость к деформациям и долговечность в условиях эксплуатации. При недостаточной проработке этих вопросов возможно накопление влаги внутри конструкции, что приводит к снижению эксплуатационных характеристик дорожных одежд [6].

2. Эксперименты в лабораторной испытательной камере

Для оценки эффективности разделительных геосинтетических материалов были проведены эксперименты в специализированной лабораторной испытательной камере. Камера представляла собой конструкцию размерами 0,2 м × 0,3 м × 0,4 м, предназначенную для имитации условий взаимодействия слоев минеральных материалов. Нижний слой был представлен песком естественной влажности, а верхний – щебнем различных фракций.

Для эксперимента создавалось основание из уплотненного песка, отвечающего требованиям ГОСТ.

На половину основания из песка был уложен нетканый геотекстиль, выполняющий функцию разделения, вторая половина основания была устроена без покрытия (**рис. 1 а**). Далее на всё основание укладывался послойно щебень с уплотнением каждого слоя (**рис. 1 б**).

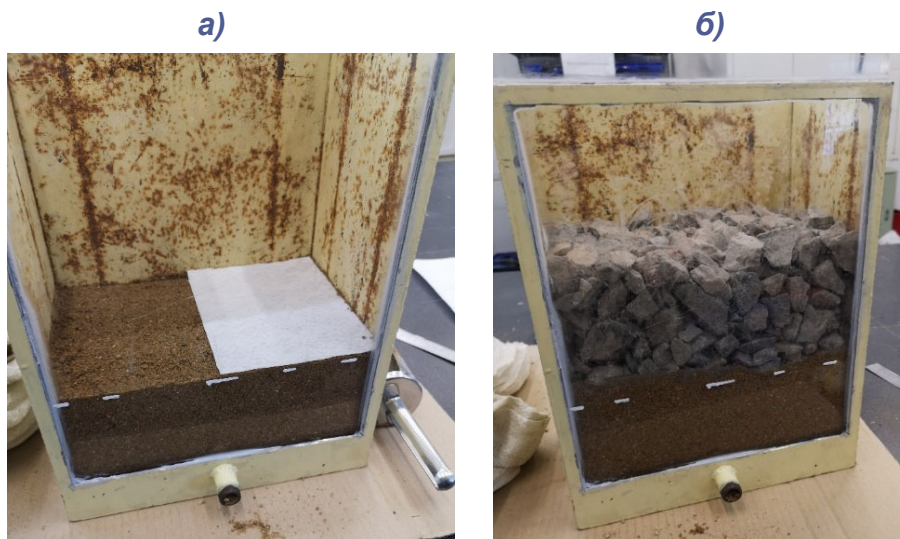


Рис. 1. Процесс создания модели
(разработано авторами)

После уплотнения основания была выполнена фотофиксация через прозрачную стену оргстекла. На стекле заранее был отмечен уровень песчаного основания.

Предварительно зафиксировано, что за счет вдавливания грунта щебня в основание песка, произошло частичное разрыхление песка основания и его сдвиг в стороны. Наглядный пример показан на **рис. 1**, где слева песчаный грунт стал выше первоначального уровня, отмеченного пунктирной линией.

Далее производилась разборка модели и фотофиксация состояния основания с нетканым геотекстилем и без него (**рис. 2**).

По результатам разборки модели установлено, что глубина перемешивания-вдавливанию варьировалась от 2 до 5 см без укладки нетканого геотекстиля. На основании, где был уложен нетканый геотекстиль, зафиксирована глубина перемешивания (вдавливанию за счет относительного удлинения геотекстиля), которая составляла 1,5-2 см, что свидетельствует о значительном снижении смешивания слоев.

Результаты лабораторных исследований показали, что применение разделительных геосинтетических материалов позволяет:

- снизить глубину перемешивания на 50-70 % по сравнению с конструкциями без их использования;

- сохранить проектные характеристики слоев дорожной конструкции, предотвращая утрату их эксплуатационных свойств;
- уменьшить проникновение щебня в песчаный слой, что способствует повышению структурной стабильности дорожных одежд.



***Рис. 2. Состояние песчаного основания
после разборки модели:***

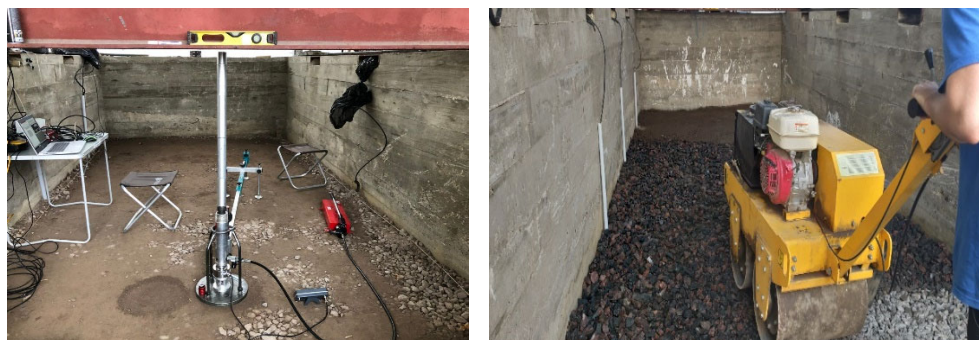
*вид сбоку (слева – без геотекстиля, справа – с геотекстилем);
вид сверху (сверху – без геотекстиля; снизу – с геотекстилем);
разработано авторами*

Использование лабораторной испытательной камеры продемонстрировало надежность и воспроизводимость результатов, что подтверждает необходимость применения геосинтетиков для разделения слоев в дорожных конструкциях.

3. Эксперименты на полномасштабной модели автомобильной дороги

Для оценки эффективности геосинтетических материалов, выполняющих функцию разделения слоев, были проведены натурные испытания на полномасштабной модели автомобильной дороги (**рис. 3**). Испытания касались трех идентичных конструкций дорожной одежды, различающихся только наличием геосинтетического материала в двух из них, в то время как третья служила контрольной секцией. В данном эксперименте использовались георешетки с характеристиками прочности при растяжении 30 кН/м и относительным удлинением 20 %. Хотя указанные материалы преимущественно выполняют армирующую функцию, их применение сопровождается выполнением функции разделения слоев. В рамках настоящего исследования принято допущение, что, несмотря

на прочностные свойства и отсутствие сплошной структуры, рассматриваемые геосинтетические материалы эффективно выполняют функцию разделения, обеспечивая предотвращение перемешивания слоев минеральных материалов.



***Рис. 3. Крупномасштабная модель автомобильной дороги
(разработано авторами)***

Все три конструкции включали следующие слои, которые укладывались одновременно и с соблюдением одинаковых технологий:

- рабочий слой из песка толщиной 1 м;
- песчаный подстилающий слой толщиной 30 см;
- несущий слой из щебеночно-песчаной смеси (ЩПС) толщиной 35 см.

В двух конструкциях между песчаным подстилающим и несущим слоями укладывались геосинтетические материалы. Контрольная секция не содержала геосинтетических прослоек.

Нивелирование и измерения изменений толщины слоев показали:

- в контрольной секции без геосинтетического материала толщина слоя ЩПС увеличилась на 24 мм, что свидетельствует о значительном перераспределении материалов между слоями;
- в первой секции с ГМ изменение толщины составило 3 мм;
- во второй секции изменение толщины не превышало 1 мм.

Изменения толщины, зафиксированные в секциях с геосинтетическими материалами, можно объяснить допустимыми погрешностями при определении толщины слоя. При этом визуальный осмотр показал отсутствие перемешивания материалов в этих секциях. В контрольной секции, напротив, наблюдалось явное

смешивание слоев ЩПС и песка, что потребовало увеличения толщины слоя ЩПС для выравнивания его поверхности с уровнем смежных секций.

Использование геосинтетических материалов в дорожных конструкциях позволяет минимизировать перераспределение инертных материалов между слоями, что подтверждается меньшим изменением толщины несущего слоя по сравнению с традиционной конструкцией. Это обеспечивает:

- сохранение проектных характеристик конструкции;
- повышение эксплуатационной надежности дорожных одежд автомобильной дороги;
- более рациональное использование материалов.

Натурные испытания подтвердили, что разделительная функция геосинтетиков играет важную роль в повышении долговечности и устойчивости дорожных конструкций.

4. Обсуждение результатов

Результаты проведенных исследований демонстрируют высокую эффективность геосинтетических материалов для предотвращения перемешивания слоев в дорожных конструкциях. В лабораторных экспериментах использование геосинтетической прослойки позволило сократить глубину перемешивания с 2-5 см до 1,5-2 см, что подтверждает значительное снижение взаимодействия между слоями минеральных материалов. Эти данные согласуются с результатами натурных испытаний, где минимизация изменений толщины несущего слоя в секциях с геосинтетиками также указывает на сохранение стабильности проектных характеристик конструкции.

Особенно важным является то, что контрольная секция, не содержащая геосинтетического материала, показала явное перемешивание слоев, что привело к увеличению толщины ЩПС. Это свидетельствует о необходимости применения дополнительных материалов и снижении эксплуатационной надежности конструкции. В то же время в секциях с геосинтетическим материалом таких проблем не возникало, что подтверждает их эффективность.

Сравнительный анализ результатов лабораторных и натурных испытаний показывает, что применение геосинтетиков способствует сохранению гранулометрического состава слоев, предотвращению перераспределения материалов и снижению

вероятности деформаций. Это особенно важно в условиях высокой нагрузки и эксплуатации конструкций на слабых основаниях, где минимизация перемешивания слоев напрямую связана с долговечностью дорожной одежды.

На основе результатов лабораторных и натурных испытаний выявлены закономерности, подтверждающие эффективность геосинтетических материалов для предотвращения перемешивания слоев. Использование геосинтетической прослойки обеспечивает значительное снижение перераспределения частиц между слоями, что отражается как на уменьшении глубины перемешивания в лабораторных условиях, так и на минимизации изменений толщины несущего слоя в натурных конструкциях. При этом применение геосинтетики способствует сохранению проектных отметок и гранулометрического состава материалов слоев, что особенно важно для обеспечения долговечности дорожных одежд.

Результаты исследования подтвердили выдвинутую гипотезу о том, что использование геосинтетических материалов в качестве разделяющих прослоек снижает перерасход инертных материалов за счет предотвращения их перемешивания. Экономический эффект проявляется в сокращении потребности в дополнительной укладке материала для выравнивания слоев, что снижает общую стоимость строительства. Кроме того, применение геосинтетиков позволяет продлить срок службы дорожных конструкций за счет сохранения их проектных характеристик.

Сравнение полученных данных с литературными источниками подтверждает их соответствие существующим исследованиям. Авторы работ [1-5] указывают на эффективность геосинтетических материалов для разделения слоев и предотвращения их перемешивания. Настоящее исследование позволяет расширить эти выводы, демонстрируя количественное влияние геосинтетиков на параметры дорожных конструкций.

Для оценки экономического эффекта от применения геосинтетических материалов в дорожных конструкциях разработана следующая модель расчета.

Исходные данные:

- стоимость ЩПС: 4000 руб./м³;
- стоимость ГМ: 28 руб./м²;
- ширина полосы: 3,75 м;

– изменение толщины слоя ЩПС в контрольной секции – 0,022 м;

– изменение толщины слоя ЩПС в секции с ГМ – 0 м. Изменение толщины слоя не превышает 1-3 мм, что находится в пределах допустимой погрешности и принимается равным нулю.

Объем ЩПС в контрольной секции на 1 м:

$$V_{\text{контроль}} = \text{Ширина полосы} \times \text{Толщина слоя} = 3,75 \text{ м} \times 0,022 \text{ м} = 0,08 \text{ м}^3$$

Стоимость ЩПС в контрольной секции:

$$S_{\text{контроль}} = V_{\text{контроль}} \times \text{Стоимость ЩПС} = 0,08 \text{ м}^3 \times 4000 \text{ руб./м}^3 = 320 \text{ руб.}$$

Стоимость ГМ:

$$S_{\text{ГМ}} = \text{Ширина полосы} \times \text{Стоимость ГМ} = 3,75 \text{ м} \times 28 \text{ руб./м}^2 = 105 \text{ руб.}$$

Экономия:

$$E = S_{\text{контроль}} - S_{\text{ГМ}} = 320 \text{ руб.} - 105 \text{ руб.} = 215 \text{ руб. на погонный метр.}$$

Процент экономии:

$$\text{Процент экономии} = (E / S_{\text{контроль}}) \times 100 = (215 / 320) \times 100 \approx 67\%.$$

Таким образом, применение геосинтетических материалов на полосе автомобильной дороги шириной 3,75 м позволяет сэкономить 215 рублей на каждый метр дороги за счет предотвращения перемешивания слоев и сокращения потребности в дополнительном объеме ЩПС.

В данном расчете не учитываются затраты на укладку материалов и транспортные расходы, которые могут повлиять на общий экономический эффект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках исследования была выполнена комплексная оценка эффективности применения геосинтетических материалов для разделения слоев дорожных конструкций. Проведенные лабораторные и натурные испытания, а также количественный анализ экономической эффективности, позволили сделать следующие выводы:

1) Результаты лабораторных и натурных испытаний:

– применение геосинтетических материалов существенно снижает глубину перемешивания слоев минеральных материалов, что подтверждается уменьшением глубины перемешивания в лабораторных условиях практически в два раза;

– в натурных испытаниях контрольная секция, не содержащая ГМ, продемонстрировала значительное перемешивание слоев, что потребовало увеличения толщины слоя из ЩПС для обеспечения высотных отметок. В то же время использование ГМ позволило минимизировать такие изменения.

2) *Экономическая эффективность:*

– расчеты показали, что применение ГМ обеспечивает экономию в размере 57 рублей на каждый квадратный метр автомобильной дороги за счет предотвращения перерасхода инертных материалов;

– процент экономии на досыпке инертного материала составляет около 67 %, при укладке нетканого геотекстиля, что подтверждает высокую рентабельность применения геосинтетиков.

3) *Соответствие результатам литературных данных:*

– полученные результаты согласуются с литературными данными, демонстрирующими эффективность ГМ в предотвращении перемешивания слоев. Настоящее исследование дополняет эти выводы, предоставляя количественные оценки и подтверждая значимость ГМ для обеспечения долговечности дорожных конструкций.

4) *Практическая значимость:*

– использование ГМ способствует сохранению проектных характеристик слоев дорожных конструкций, снижению потребности в дополнительном расходовании инертных материалов и повышению эксплуатационной надежности дорожной одежды;

– разработанная модель расчета экономической эффективности может быть использована для оценки целесообразности применения ГМ в различных условиях строительства.

Таким образом, проведенное исследование подтвердило целесообразность использования геосинтетических материалов в качестве разделяющих прослоек в дорожных конструкциях. Применение ГМ позволяет не только предотвратить перемешивание слоев, но и достичь значительной экономии материальных ресурсов, обеспечивая повышение долговечности и надежности дорожных одежд. Эти результаты могут быть использованы для совершенствования нормативно-технической базы и внедрения более эффективных решений в практике дорожного строительства.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Алоян Р.М. Сравнительный анализ ресурсо- и энергосберегающих характеристик при применении геотекстиля в строительстве / Р.М. Алоян, А.Б. Петрухин, Л.А. Опарина // *Технология текстильной промышленности*. – 2016. – № 1 (361). – С. 10-14.
2. Аксёнова Д.В. Анализ основных возможностей и свойств геотекстиля при землеустроительных работах / Д.В. Аксёнова, В.Н. Коваль, А.Н. Нехорошева // *Известия ТулГУ. Технические науки*. – 2019. – Вып. 12. – С. 573-575.
3. Золотозубов Д.Г. Исследование сопротивления геосинтетических материалов продавливанию шариком / Д.Г. Золотозубов, О.А. Золотозубова // *Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура*. – 2014. – № 4. – С. 139-147.
4. Павозков Д.В. Инновационные подходы к повышению устойчивости строительных конструкций / Д.В. Павозков // *Вестник науки*. – 2024. – № 2 (71). – Т. 2. – С. 637-639.
5. Косиченко Ю.М. Обоснование применения защитных прокладок из геотекстиля и оценка водопроницаемости противofильтрационных покрытий из геомембран / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // *Вестник МГСУ*. – 2015. – № 3. – С. 48-58.
6. Наумов В.В. Исследование влияния разделяющей геосинтетической прослойки в зоне капиллярного поднятия воды в грунте / В.В. Наумов, Д.С. Максимов, П.В. Афонин, А.А. Зайцев // *Проектирование автомобильных дорог: сборник докладов 80-й Международной научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ*. – М.: А-проджект, 2022. – С. 109-117.

REFERENCES

1. Aloyan R.M. Sravnitel'nyj analiz resurso- i energosberegayushchih harakteristik pri primenenii geotekstilya v stroitel'stve / R.M. Aloyan, A.B. Petruhin, L.A. Oparina // *Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*. – 2016. – № 1 (361). – S. 10-14.
2. Aksyonova D.V. Analiz osnovnyh vozmozhnostej i svojstv geotekstilya pri zemleustroitel'nyh rabotah / D.V. Aksyonova, V.N. Koval', A.N. Nekhorosheva // *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*. – 2019. – Vyp. 12. – S. 573-575.
3. Zolotozubov D.G. Issledovanie soprotivleniya geosinteticheskikh materialov prodavlivaniyu sharikom / D.G. Zolotozubov, O.A. Zolotozubova // *Vestnik PNIPU. Stroitel'stvo i arhitektura*. – 2014. – № 4. – S. 139-147.
4. Pavozkov D.V. Innovacionnye podhody k povysheniyu ustojchivosti stroitel'nyh konstrukcij / D.V. Pavozkov // *Vestnik nauki*. – 2024. – № 2 (71). – T. 2. – S. 637-639.
5. Kosichenko Yu.M. Obosnovanie primeneniya zashchitnyh prokladok iz geotekstilya i ocenka vodopronicaemosti protivofil'tracionnyh pokrytij iz geomembran / Yu.M. Kosichenko, O.A. Baev // *Vestnik MGSU*. – 2015. – № 3. – S. 48-58.
6. Naumov V.V. Issledovanie vliyaniya razdelyayushchej geosinteticheskoy prosloyki v zone kapillyarnogo podnyatiya vody v grunte / V.V. Naumov, D.S. Maksimov, P.V. Afonin, A.A. Zajcev // *Proektirovanie avtomobil'nyh dorog: sbornik dokladov 80-j Mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy i nauchno-issledovatel'skoj konferencii MADi*. – M.: A-prodzhekt, 2022. – S. 109-117.

Информация об авторах

Д.В. Медведев – кандидат технических наук, первый заместитель генерального директора, АНО «Научно-исследовательский институт транспортно-строительного комплекса» (НИИ «ТСК»), Москва, Россия

В.В. Наумов – кандидат технических наук, доцент, Российский университет транспорта (МИИТ), Москва, Россия

П.В. Афонин – технический директор, ООО «ТЕРАТЕКС», Благовещенск, Россия

Information about the authors

D.V. Medvedev – Ph. D. (Tech.), First Deputy General Director of ANO «Scientific Research Institute of Transport and Construction complex» (NII «TSK»), Moscow, Russia

V.V. Naumov – Ph. D. (Tech.), Associate Professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia

P.V. Afonin – Technical Director, LLC «TERATEX», Blagoveshchensk, Russia

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Рецензенты: канд. техн. наук, главный специалист Отдела конструкций земляного полотна Н.Н. Беляев; канд. техн. наук, начальник Управления перспективных методов исследований и испытаний С.А. Мирончук (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию 17.02.2025. Одобрена после рецензирования 28.03.2025. Принята к публикации 24.04.2025.

The article was submitted 17.02.2025. Approved after reviewing 28.03.2025. Accepted for publication 24.04.2025.