

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.56.15>

УМЕНЬШЕНИЕ ПЫЛИМОСТИ ДОРОГ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Научная статья

Каменчуков А.В.^{1,*}, Павликов А.Б.²

¹ ORCID : 0000-0001-7997-3195;

² ORCID : 0000-0002-2212-9281;

^{1,2} Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (006641[at]pnu.edu.ru)

Аннотация

В статье рассматриваются актуальные проблемы пылимости грунтовых дорог, используемых в сельском хозяйстве. Особое внимание уделено причинам возникновения пыли, таким как интенсивное движение транспорта, природные факторы и отсутствие надлежащего ухода за дорожным полотном. Представлены эффективные методы борьбы с пылеобразованием, включая использование химических реагентов, стабилизацию грунтов, посев трав и другие подходы. Рассмотрены преимущества и недостатки каждого метода, а также предложены комплексные решения для снижения негативного воздействия на окружающую среду и улучшения условий эксплуатации дорог. Результаты исследования позволяют говорить об эффективности применения грунтов укрепленных комплексным вяжущим в качестве способа обеспыливания дорог с грунтовым типом покрытия.

Ключевые слова: дорога, покрытие, экологичность, обеспыливание, контроль качества.

REDUCING DUSTINESS OF AGRICULTURAL ROADS

Research article

Kamenchukov A.V.^{1,*}, Pavlikov A.B.²

¹ ORCID : 0000-0001-7997-3195;

² ORCID : 0000-0002-2212-9281;

^{1,2} Pacific State University, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (006641[at]pnu.edu.ru)

Abstract

The article examines the current problems of dustiness of unpaved roads used in agriculture. Special attention is paid to the causes of dust occurrence, such as heavy traffic, natural factors and lack of proper road surface maintenance. Effective methods of dust control are presented, including the use of chemicals, soil stabilisation, grass seeding and other approaches. Advantages and disadvantages of each method are discussed, and integrated solutions are proposed to reduce the negative environmental impact and improve road maintenance conditions. The results of the study allow to speak about the effectiveness of using soils reinforced with complex binder as a method of dedusting of roads with ground type of pavement.

Keywords: road, pavement, environmental protection, dedusting, quality control.

Введение

Дороги сельскохозяйственного назначения играют важную роль в развитии и обеспечении бесперебойной работы агропромышленного комплекса, обеспечивая транспортировку продукции, движение сельскохозяйственной техники и доставку необходимых ресурсов и удобрений. Как правило, дороги данного типа имеют грунтовое или щебеночное покрытие и рассчитаны на относительно небольшую интенсивность движения техники специального назначения. Спецификой дорог данного типа является их малая несущая способность, долговечность и большое пылеобразование в сухую погоду [1], [2].

Дорожная пыль является одним из основных негативных факторов, которые могут повлиять на качество и количество продукции [3], [4]. Исходя из этого, целью исследования является разработка эффективных и безопасных мероприятий по предотвращению интенсивного пылеобразования, повышению несущей способности и долговечности грунтовых дорог сельскохозяйственного назначения.

Общие положения

Дороги сельскохозяйственного и промышленного назначения проектируются относительно годового объема перевозок согласно СП 37.13330.2012 Промышленный транспорт. Дорожные покрытия устраивают облегченного или переходного, в основном, типа из грунтов и каменных материалов, реже из материалов обработанных вяжущим (органическим, неорганическим или комплексным) или асфальтобетонов.

Исключительной особенностью дорог данного типа является минимизация объемов земляных работ и строительство земляного полотна и дорожной одежды преимущественно в нулевых отметках или насыпях высотой до 1 м с пологими откосами, для обеспечения беспрепятственного проезда сельскохозяйственной техники [5], [6]. Дорожный водоотвод устраивают в придорожных кюветах глубиной до 1 м с большим количеством перепускных водопропускных труб малого радиуса. Такая особенность организации движения приводит к следующим проблемам эксплуатации дорог [6], [7]:

1. Переувлажнение земляного полотна и основания дорожной одежды в следствии застоя воды в кюветах, так как сельскохозяйственные угодья, как правило, располагают в равнинной местности.

2. Деформации дорожного покрытия в виде колеиности и волн, связанные в первую очередь с малой прочностью грунтовых покрытий и оснований, эксплуатируемых в условиях периодического переувлажнения.

3. Пучение земляного полотна в зимний и весенний периоды, связанные с неравномерным водно-тепловым режимом земляного полотна в течение года.

Переувлажнение земляного полотна и основания дорожной одежды никак не влияет на проблемы экологического воздействия дороги на окружающую среду, основным фактором которого является образование пыли при проезде транспортного средства. Это связано с тем, что верхняя часть покрытия, в теплый период времени достаточно быстро нагревается и просыхает, под воздействием солнечной радиации.

В настоящее время для обеспыливания дорог применяют следующие технологии:

1. Полив покрытия водой.

Один из самых простых и доступных методов, так как вода помогает связывать мелкие частицы грунта, предотвращая их подъем в воздух колесами транспортных средств. Этот метод хорошо подходит для дорог с низкой интенсивностью движения, но его эффективность уменьшается по мере просыхания покрытия.

2. Применение химических веществ.

Достаточно долговечный способ обеспыливания дорог. Как правило, для обеспыливания применяют хлориды кальция, известковые растворы и битумные эмульсии, но данные материалы могут оказать прямое (попадание на растения) и косвенное (через почву и воду) негативное воздействие на растения и не рекомендуются для применения на дорогах сельскохозяйственного назначения.

3. Укрепление дорожных покрытий.

Самый долговечный и эффективный способ обеспыливания и параллельного усиления дорожных покрытий, требующий специализированной техники. Оказывает минимальное воздействие на окружающую среду, а получившиеся покрытия обладают высокой прочностью и водонепроницаемостью.

Методы и принципы исследования

Метод укрепления грунтов является одним из наиболее эффективных и долговечных способов борьбы с пылеобразованием на грунтовых дорогах, а также для повышения их прочности и устойчивости к внешним воздействиям. Укрепление позволяет создать более прочное и износостойкое дорожное покрытие, которое лучше сопротивляется воздействию внешних факторов, таких как движение большегрузных транспортных средств, специальной техники и изменения водно-теплового режима земляного полотна [8], [9], [10].

Технологию производства работ можно разделить на 4 этапа:

1. Подготовительный этап, предназначен для проектирования состава укрепленного грунта, исходя из вида и состава грунта, условий эксплуатации дорожного покрытия.

2. Приготовление смеси может осуществляться либо на заводе, либо на дороге в бункере грунтосмесительной машины. Открытый способ смешения на дороге навесными дорожными фрезами не рекомендуется, так как в процессе смешения неизбежно образование пыли.

3. Уплотнение смеси должно осуществляться последовательно легкими, средними и тяжелыми катками для обеспечения оптимальной плотности смеси и предотвращения образования излишних пустот.

4. Формирование и уход за покрытием необходим в случае применения органических вяжущих, для набора прочности цемента. Уход необходим для поддержания оптимальной влажности слоя на протяжении первых 14 суток и заключается в перекрытии дорожного покрытия слоем из песка или геосинтетическим материалом, препятствующим испарению влаги из покрытия.

Исследуемым грунтом дорожного покрытия низшего типа является супесчаный грунт, обогащенный 10% щебня фракцией 5–10. В ходе исследования было испытано 3 состава укрепленного грунта:

- состав № 1 — супесь укрепленная 7% цемента М400;

- состав № 2 — супесь укрепленная 7% цемента М400 в сочетании с 5% битума нефтяного дорожного БНД 100/130;

- состав № 3 — супесь укрепленная 7% цемента М400 в сочетании с 5% битумом БНД 100/130 и 1% резиновой крошки.

Состав №1 является контрольным, а составы № 2 и № 3 — экспериментальными.

Основные результаты

В лабораторных условиях в соответствии с требованием ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийнопесчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства» [11] и ГОСТ 30491-2012 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства» [12] определялись следующие параметры:

- прочность на сжатие;

- прочность на растяжение при изгибе;

- прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии.

Для проведения испытаний на сжатие изготовлены образцы-цилиндры диаметром 70 мм и высотой 70 ± 2 мм, а для испытания на растяжение при изгибе изготовлены образцы-балочки $40 \times 40 \times 160$ мм. Испытания проводились на прессе с предельной нагрузкой 100 кН. Результаты исследований представлены в таблицу 1.

Таблица 1 - Результаты определения прочностных характеристик укрепленных грунтов

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.56.15.1>

Наименование	Предел прочности на сжатие, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	Предел прочности на сжатие в водонасыщенном состоянии, МПа
Состав № 1	3,28	1,76	1,37
Состав № 2	4,31	2,47	3,61
Состав № 3	2,87	1,91	1,22

Результаты исследования по пределам прочности на сжатие и растяжение при изгибе сопоставимы с результатами отечественных и зарубежных авторов [8], [10], [13].

Укрепление грунтов является важным методом для борьбы с пылеобразованием на грунтовых дорогах и повышения их прочности. Этот процесс основан на сочетании физических, химических и механических процессов, которые обеспечивают длительный и эффективный результат.

Физические процессы играют ключевую роль в укреплении грунтов и снижении пылеобразования. Один из важнейших этапов — это уплотнение грунта. Во время этого процесса частицы грунта сближаются друг с другом, уменьшая пространство между ними. Это снижает вероятность подъема мелких частиц пыли в воздух при движении транспорта. Более плотная структура грунта также способствует улучшению его водостойкости, что предотвращает проникновение воды внутрь и снижает риск размывания и разрушения дорожного покрытия.

Еще одним физическим-химическим процессом является образование плотной структуры после добавления стабилизаторов, таких как цемент или известь. При взаимодействии частиц неорганического вяжущего с водой происходит реакция цементации с образованием прочных кальциевых соединений. Кроме этого, при добавлении органического вяжущего, создаются прочные оболочки вокруг цементированных частиц грунта, что повышает водонепроницаемость укрепленного грунта. В итоге формируется единая монолитная структура, которая гораздо менее подвержена разрушению под действием внешней нагрузки, а, за счет органического вяжущего, пыльность данного типа покрытия практически нулевая.

Заключение

В результате выполненного исследования, в качестве наиболее эффективного способа обеспыливания грунтовых дорог сельскохозяйственного назначения, можно рекомендовать способ укрепления грунта цементом в сочетании с битумом. Предложенный способ не только уменьшит пыльность дорог, но и значительно повысит их прочности и водонепроницаемость, что является эквивалентом их долговечности.

Конфликт интересов

Не указан.

Conflict of Interest

None declared.

Рецензия

Ельшаева И.В., Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, Санкт-Петербург Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.56.15.2>

Review

Elshaeva I.V., St. Petersburg State Agrarian University, Saint-Petersburg Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2025.56.15.2>

Список литературы / References

1. Федоров С.А. Разуплотнение глинистых грунтов в результате увлажнения / С.А. Федоров // Инженерный вестник Дона. — 2023. — № 6.
2. Горячев М.Г. Оценка степени снижения модуля упругости связных грунтов в результате их весеннего разуплотнения для прогнозирования состояния дорожных одежд / М.Г. Горячев // Вестник МАДИ. — 2013. — Вып. 4 (35). — С. 77–82.
3. Вишневецкий А.В. Использование отходов промышленного производства для обеспыливания технологических автомобильных дорог / А.В. Вишневецкий // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2017. — Т. 23. — № 11. — С. 12–18. — DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-11-12-18.
4. Климов А.С. Повышение эффективности строительства внутрихозяйственных автомобильных дорог в сельскохозяйственных предприятиях и организациях / А.С. Климов, Е. Янаев, О.Л. Климова // Вестник КрасГАУ. — 2015. — № 4 (103). — С. 33–37.
5. Каменчуков А.В. Влияние дорожного водоотвода на качество дорог сельскохозяйственного назначения / А.В. Каменчуков, В.С. Светенко // Международный научно-исследовательский журнал. — 2019. — № 6-1 (84). — С. 101–106. — DOI: 10.23670/IRJ.2019.84.6.022.
6. Каменчуков А.В. Вопросы повышения качества сельскохозяйственных дорог / А.В. Каменчуков // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 12-5 (66). — С. 91–95. — DOI: 10.23670/IRJ.2017.66.149.

7. Тумашик И.И. Работоспособность дорожных одежд лесных дорог / И.И. Тумашик // Труды БГТУ. №2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. — 2016. — № 2 (184). — С. 92–95.
8. Лыщик П.А. Укрепление дорожных грунтов битумной эмульсией / П.А. Лыщик, Е.И. Бавбель, А.И. Науменко [и др.] // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. — 2018. — № 2 (210). — С. 168–173.
9. Aryafar M. Intelligent Estimation of Compressive Strength of the Pavement Layers Stabilized by the Combination of Bitumen Emulsion and Cement / M. Aryafar // American J. of Engineering and Applied Sciences. — 2008. — № 1 (4). — P. 389–392.
10. Худайкулов Р.М. Применение стабилизаторов для улучшения прочности грунтового основания автомобильных дорог / Р.М. Худайкулов, Т.Л. Мирзаев // Транспортные сооружения. — 2019. — Т 6. — № 1. — DOI: 10.15862/14SATS119.
11. ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийнопесчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. — URL: [http //техэксперт.сайт](http://техэксперт.сайт) (дата обращения: 10.03.2025).
12. ГОСТ 30491-2012 Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. — URL: [http //техэксперт.сайт](http://техэксперт.сайт) (дата обращения: 10.03.2025).
13. Урханова Л.А. Подбор состава укрепленных материалов для оснований автомобильных дорог с использованием золошлаковых смесей / Л.А. Урханова, С.А. Лхасаранов, А.В. Битуев [и др.] // Вестник ВСГУТУ. — 2023. — № 4 (91). — С. 96–105. — DOI: 10.53980/24131997_2023_4_96.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Fedorov S.A. Razuplotnenie glinistyh gruntov v rezul'tate uvlazhnenija [Compaction of clay soils as a result of moistening] / S.A. Fedorov // Inzhenernyj vestnik Dona [Engineering Bulletin of Don]. — 2023. — № 6. [in Russian]
2. Gorjachev M.G. Ocenka stepeni snizhenija modulja uprugosti svjaznyh gruntov v rezul'tate ih vesennego razuplotnenija dlja prognozirovanija sostojanija dorozhnyh odezhd [Estimation of the degree of decrease in the elastic modulus of cohesive soils as a result of their spring decompaction for predicting the condition of road pavements] / M.G. Gorjachev // Vestnik MADi [Bulletin of MADi]. — 2013. — Iss. 4 (35). — P. 77–82. [in Russian]
3. Vishnevskij A.V. Ispol'zovanie othodov promyshlennogo proizvodstva dlja obespylivanija tehnologicheskikh avtomobil'nyh dorog [Use of industrial production wastes for dedusting of technological motor roads] / A.V. Vishnevskij // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Transbaikal State University]. — 2017. — Vol. 23. — № 11. — P. 12–18. — DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-11-12-18. [in Russian]
4. Klimov A.S. Povyshenie jeffektivnosti stroitel'stva vnutrihozjajstvennyh avtomobil'nyh dorog v sel'skohozjajstvennyh predpriyatijah i organizacijah [Improving the efficiency of on-farm road construction in agricultural enterprises and organisations] / A.S. Klimov, E. Janaev, O.L. Klimova // Vestnik KrasGAU [Bulletin of KrasSAU]. — 2015. — № 4 (103). — P. 33–37. [in Russian]
5. Kamenchukov A.V. Vlijanie dorozhnogo vodootvoda na kachestvo dorog sel'skohozjajstvennogo naznachenija [Influence of road drainage on the quality of agricultural roads] / A.V. Kamenchukov, V.S. Svetenko // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2019. — № 6-1 (84). — P. 101–106. — DOI: 10.23670/IRJ.2019.84.6.022. [in Russian]
6. Kamenchukov A.V. Voprosy povyshenija kachestva sel'skohozjajstvennyh dorog [Issues of improving the quality of agricultural roads] / A.V. Kamenchukov // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2017. — № 12-5 (66). — P. 91–95. — DOI: 10.23670/IRJ.2017.66.149. [in Russian]
7. Tumashik I.I. Rabotosposobnost' dorozhnyh odezhd lesnyh dorog [Serviceability of forest roads road pavements] / I.I. Tumashik // Trudy BGTU. №2. Lesnaja i derevoobrabatyvajushhaja promyshlennost' [Proceedings of BSTU. №2. Forest and woodworking industry]. — 2016. — № 2 (184). — P. 92–95. [in Russian]
8. Lyshhik P.A. Ukreplenie dorozhnyh gruntov bitumnoj jemul'siej [Strengthening of road soils with bitumen emulsion] / P.A. Lyshhik, E.I. Bavbel', A.I. Naumenko [et al.] // Trudy BGTU. Serija 1: Lesnoe hozjajstvo, prirodopol'zovanie i pererabotka vozobnovljaemyh resursov [Proceedings of BSTU. Series 1: Forestry, Nature Management and Processing of Renewable Resources]. — 2018. — № 2 (210). — P. 168–173. [in Russian]
9. Aryafar M. Intelligent Estimation of Compressive Strength of the Pavement Layers Stabilized by the Combination of Bitumen Emulsion and Cement / M. Aryafar // American J. of Engineering and Applied Sciences. — 2008. — № 1 (4). — P. 389–392.
10. Hudajkulov R.M. Primenenie stabilizatorov dlja uluchshenija prochnosti gruntovogo osnovanija avtomobil'nyh dorog [Application of stabilisers to improve the strength of the ground base of motorways] / R.M. Hudajkulov, T.L. Mirzaev // Transportnye sooruzhenija [Transport Structures]. — 2019. — Vol 6. — № 1. — DOI: 10.15862/14SATS119. [in Russian]
11. GOST 23558-94 Smesi shhebenochno-gravijnopeschanye i grunty, obrabotannye neorganicheskimi vjazhushhimi materialami, dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva [GOST 23558-94 Crushed stone-gravel-sand mixtures and soils treated with inorganic binding materials for road and airfield construction]. — URL: [http //tehjekspt.sajt](http://tehjekspt.sajt) (accessed: 10.03.2025). [in Russian]
12. GOST 30491-2012 Smesi organomineral'nye i grunty, ukreplennye organicheskimi vjazhushhimi, dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva [GOST 30491-2012 Organomineral mixtures and soils reinforced with organic binders for road and aerodrome construction]. — URL: [http //tehjekspt.sajt](http://tehjekspt.sajt) (accessed: 10.03.2025). [in Russian]
13. Urhanova L.A. Podbor sostava ukreplennyh materialov dlja osnovanij avtomobil'nyh dorog s ispol'zovaniem zoloshlakovyh smesey [Selection of the composition of reinforced materials for motorway bases using ash-and-slag mixtures] /

L.A. Urhanova, S.A. Lhasaranov, A.V. Bituev [et al.] // Vestnik VSGUTU [Bulletin of VSSUTU]. — 2023. — № 4 (91). — P. 96–105. — DOI: 10.53980/24131997_2023_4_96. [in Russian]