

DOI: 10.12737/article_5c506204cd5049.44944476

^{1,*}Боцман Л.Н., ²Соболев К.Г., ¹Полякова Р.О., ¹Марков А.Ю.¹Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д.46

²Университет Висконсин-Милуоки

США, WI 53201, штат Висконсин Милуоки, Р.О. Вох 413

*E-mail: lora80@list.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ХОЛОДНОГО РЕСАЙКЛИНГА С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИКАТОРА «ДОРЦЕМ ДС-1»

Аннотация. Рассмотрена проблема ограничения типоразмерного ряда механизмов привода гравиационных в настоящее время в большинстве регионах России при капитальном ремонте автомобильных дорог часто используют технологию холодной регенерации существующего асфальтобетонного покрытия. Технология холодной регенерации заключается в измельчении материала существующего асфальтобетонного покрытия в частности с захватом части щебеночного слоя основания преимущественно холодным фрезерованием, перемешивании смеси на дороге или в специальных установках (с добавлением органических и неорганических вяжущих, нового скелетного материала и других добавок), распределении полученной смеси в виде слоя и его уплотнении. Смешение на месте производится звеном специализированных машин. Для выполнения работ по холодной регенерации, чаще всего использовали типовой подбор с добавлением цемента и битумной эмульсии. Однако в связи с повышением стоимости материалов и строительства в целом, заказчики ищут альтернативные способы снижения стоимости строительства, не ухудшающие качество производства работ. Одним из методов является добавление цемента и модифицирующей добавки «Дорцем ДС-1». В статье рассмотрена целесообразность ее использования.

Ключевые слова: холодный ресайклинг, метод холодного фрезерования, основание дорожной одежды, модифицирующие добавки, дорожная конструкция, модификатор «ДорЦем ДС-1», конструкция дорожной одежды.

Введение. Постоянно возрастающая интенсивность движения по автомобильным дорогам общего пользования, а также значительное увеличение нагрузок на ось требует увеличения несущей способности дорожной одежды существующих дорог.

Одним из методов увеличения несущей способности для ремонтируемых и реконструируемых дорог является метод холодной регенерации (ресайклинг) [1]. Он является современным, хорошо зарекомендовавшим себя у дорожных организаций способом и единственным в своем роде, поскольку обеспечивает восстановление основания дорожной одежды, позволяющим повторное использование материала старого покрытия [2, 3].

Холодный ресайклинг позволяет сократить сроки реконструкции, ремонта, существенно снизить затраты. Производство работ методом холодной регенерации осуществляется без остановки движения, что позволяет не предусматривать дополнительные затраты на строительство временных объездных дорог [4].

В данной статье произведен анализ и сравнение типовых подборов асфальтогранулобетонных смесей (АГБ), а также рассмотрена эффективность использования модифицирующей добавки «ДорЦем ДС-1» [5].

Методология. Отбор смесей осуществлялся при производстве работ по капитальному ремонту дороги III технической категории в Красногвардейском районе Белгородской области.

На первом участке, протяженностью двенадцать километров использовали типовой подбор асфальтогранулобетонных смесей (табл. 1) с укреплением цементом и битумной эмульсией. Было отобрано 6 образцов смеси для последующего испытания на соответствие ГОСТ 30491-2012, на 14 сутки после отбора образцов.

На втором участке, протяженностью девятнадцать километров использовали типовой подбор асфальтогранулобетонных смесей (табл. 1) с укреплением цементом и модифицирующей добавкой «ДорЦем ДС-1». Было отобрано 6 образцов смеси для последующего испытания на соответствие требованиям методических рекомендаций по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автодорог способами холодной регенерации, на 7 сутки после отбора образцов.

Испытания проводились на базе производственной лаборатории подрядной организации, выполняющей работы на участке капитального ремонта автомобильной дороги. Сравнение и выявление эффективности подборов составов проводилось на основании лабораторных испытаний и

сметной документации, разработанной заказчиком.

Основная часть. На территории Белгородской области метод холодной регенерации существующего асфальтобетонного покрытия (ресайклинг) используют более трех лет. Он представляет собой укрепление (стабилизацию) грунтов [6–8], каменных материалов и асфальтогранулята [9] вяжущими материалами путем предварительного фрезерования и смешения на дороге специализированным звеном машин (рис. 1). Строительные организации региона оснащаются техникой для производства данного вида работ [10, 11], что подтверждает востребованность и целесообразность метода холодной регенерации.

К преимуществам данного метода можно отнести значительную экономию инертного материала, что сокращает сроки производства работ, уменьшает пробег и износ грузовых автомобилей. Кроме того, разрушение старого покрытия позволяет ликвидировать источник возникновения новых отраженных трещин, при этом не требуется утилизация старого покрытия [12, 13].



Рис. 1. Специализированное звено машин при выполнении работ по холодной регенерации существующего асфальтобетонного покрытия смешением на дороге

Модификатор «ДорЦем ДС-1» представляет собой порошкообразное вещество светло – серого (серого) цвета, в основе которого щелочно-земельные металлы и синтетические цеолиты, дополненные активатором и предназначен для применения совместно с цементным вяжущим в качестве добавки в дорожном, аэродромном, промышленном и гражданском строительстве.

С помощью модификатора «ДорЦем ДС-1» возможно регулирование сроков схватывания цемента, а также ускорение набора прочности цементгрунта. Однако, положительного влияния на морозостойкость укрепленного цементом грунта модификатор «ДорЦем ДС-1» не показывает [14, 15].

Типовые подборы составов асфальтогранулобетонных смесей

Наименование компонентов	Дозировка в кг на 1 м ³ материала в уплотненном состоянии		Характеристика материала
	1	2	
Асфальтогранулят	2210,86	2216,2	Существующая автодорога
Цемент	29,54	50,85	ЦЕМ I 42,5 Н
Битумная эмульсия	59,6	–	ЭБДК-М (ЭБК-3)
Стабилизатор (модификатор)	–	2,95	По проекту

Примечание.

1. Расход стабилизатора (модификатора) составляет 6 % от массы цемента.

2. Количество воды уточняется в каждом конкретном случае в зависимости от естественной влажности.

Модификатор «ДорЦем ДС-1» намного превосходит по своим характеристикам импортные аналоги, при этом стоит в несколько раз дешевле. Технико - экономические расчеты, проведенные с учетом фактических затрат, показывают, что применение дорожного основания из укрепленных модификатором «ДорЦем ДС-1» материалов приводит к значительному снижению стоимости дорожного строительства. Полученный материал прошёл сертификацию, все необходимые испытания, а также получено экспертное заключение о безопасности его применения.

На первом участке капитального ремонта метод холодного ресайклинга производился в соответствии с I типовым подбором (табл. 1), до-

бавление цемента осуществлялось цементораспределителем, подача битумной эмульсии и воды производилась непосредственно ресайклером. После холодной регенерации выполняется последующая планировка укрепленного материала автогрейдером с последующим уплотнением катками. В соответствии с проектно-сметной документацией стоимость такого основания дорожной одежды составляет 373 руб/м².

На втором участке капитального ремонта метод холодного ресайклинга производился в соответствии со II типовым подбором (таблица 1), добавление цемента осуществлялось цементораспределителем, подача модификатора «ДорЦем ДС-1» производилась комбинированной дорожной машиной со специальным дозатором, вода поступала непосредственно в ресайклер. После выполнения работ ресайклером также производится планировка и уплотнение. В соответствии с проектно-сметной документацией стоимость данного основания дорожной одежды составляет 325 руб/м², что на 15 % ниже I типового подбора. Снижение цены обусловлено меньшей дозировкой модификатора.

В ходе лабораторных испытаний были получены физико-механические характеристики разработанных составов (табл. 2)

В ходе лабораторных испытаний были получены физико-механические характеристики разработанных составов (табл. 2)

Таблица 2

Результаты испытаний

№ пробы	Наименование смеси	Вид вяжущего (марка)	Расход вяжущего, %	Наименование добавки, %	Средняя плотность смеси, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Набухание, % по объему	Предел прочности при сжатии, МПа	
								R ₂₀	R ₅₀
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,31	6,24	0,06	5,9	2,1
2	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,29	6,79	0,04	5,8	2,0
3	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,31	6,41	0,02	5,9	2,2
4	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,23	4,61	0,10	4,0	1,8
5	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,24	4,21	0,11	3,8	1,9
6	АГБ К	Цемент 42,5Н	2,0	Эмульсия ЭБДКМ	2,24	4,48	0,13	3,9	1,9
Средние показатели						5,46	0,08	4,9	2,0
Требования ГОСТ 30491-2012						Не> 10,0	Не> 2,0	Не< 1,4	Не< 1,6
7	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,24	6,17	0,02	4,3	2,0
8	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,24	6,01	0,01	4,5	1,9
9	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,23	6,11	0,01	4,3	1,9
10	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,25	6,01	0,05	4,5	1,9
11	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,25	5,86	0,04	4,5	1,9
12	АГБ М	Цемент 42,5	2,3	ДорЦем ДС-1	2,25	5,97	0,05	4,5	1,8
Средние показатели						6,02	0,03	4,4	1,9
Требования методических рекомендаций по восстановлению покрытий и оснований автодорог способами холодной регенерации						Не> 10,0		Не< 2,0	Не< 0,8

Предел прочности при сжатии образцов №1-№6 составляет R_{20cp}=4,9 МПа, R_{50cp}=2,0 МПа. Предел прочности при сжатии образцов №7-№12 составляет R_{20cp}=4,4 МПа, R_{50cp}=1,9 МПа, что не значительно ниже чем у образцов №1-№6. Учитывая

наименьшую стоимость типового подбора II по сравнению со стоимостью типового подбора I практически при одинаковых прочностных характеристиках, что доказывает экономическую целесообразность ее применения.

В ходе лабораторных испытаний выявлено, что органоминеральная смесь, укрепленная органическими вяжущими совместно с минеральными (подбор I) полностью соответствует требованиям ГОСТ 30491-2012.

Асфальтогранулобетонная смесь, укрепленная минеральными вяжущими (подбор II), соответствует нормативным требованиям, а именно требованиям методических рекомендаций по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автодорог способами холодной регенерации.

Выводы. Эффективность применения материала подтверждена испытаниями, проведенными независимыми лабораториями, длительной безремонтной эксплуатацией объектов, а также положительными отзывами государственных заказчиков. На сегодняшний день все большее число проектов с применением модификатора «ДорЦем ДС-1» получили положительное заключение государственной экспертизы, как регионального, так и федерального уровня. Практика подтверждает технологическую и экономическую целесообразность использования модификатора при ресайклинге.

Источник финансирования. Программа развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Есипова Ю.Ю., Сачкова А.В., Духовный Г.С. Современные методы регенерации асфальтобетонов // Сборник статей международной научно-практической конференции «Современная наука: Теоретический и практический взгляд» (15 апреля 2016 г.). Тюмень: сборник статей Международной научно-практической конференции: в 4-х частях, 2016. С. 33–37.
2. Лупанов А.П., Силкин В.В., Рудакова В.В., Гладышев Н.В., Силкин А.В. Повторное использование асфальтобетона // СТТ: Строительная техника и технологии. 2016. № 4 (120). С. 76–79.
3. Свириденко М.В., Федорова В.С. Способы регенерации дорожных одежд // Материалы 57-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ (17 - 27 апреля 2017 г.). Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2017. С. 256–260.
4. Мануковский А.Ю., Курдюков Р.П. Регенерация асфальтобетонного покрытия // Актуальные направления научных исследований XXI века: Теория и практика. 2016. №5-2 (25-2). С. 63–68.
5. Фурсов С.Г., Кондратюк Д.В., Федоров П.Л., Бубнов Д.Н. Эффект модификатора «ДорЦем ДС-1» // Автомобильные дороги. 2012. №5. С. 136–139.
6. Дмитриева Т.В., Куцына Н.П., Кондрашов Д.С., Безродных А.А. Некоторые свойства грунтов с модификатором ДорЦем // Ресурсоэнергоэффективные технологии в строительном комплексе региона. 2018. № 9. С. 132–135.
7. Кулижников А.М. Требования к грунтам земляного полотна и подстилающего основания // ные дороги. 2015. №5. С. 82–83.
8. Безродных А.А., Дмитриева Т.В., Беляев А.В., Строкова В.В. Опыт укрепления грунтов для дорожного строительства // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Современные проблемы строительной науки» (8-10 ноября 2017 г.). Липецкий государственный технический университет, 2017. С. 210–215.
9. Курдюков Р.П., Курдюков Д.П., Мануковский А.Ю. Регенерация асфальтобетонного покрытия // Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической интернет-конференции «Леса России в XXI веке» (26 ноября 2015 г.). Санкт-Петербург, 2015. С. 130–135
10. Селиверстов Н.Д. Создание технологического комплекса для строительства, ремонта и восстановления покрытий автомобильных дорог (ресайклера) // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2016. № 2. С. 42–47.
11. Асанов А.А., Алымкулов К.А. Современные технологии и комплекты машин для ремонта дорожного покрытия // Вестник КГУСТА. 2016. № 1 (51). С. 291–295.
12. Маданбеков Н.Ж., Омурбек Уулу Р., Мурзакматов Д.К., Турдубай Уулу С. Регенерация дорожных одежд // Вестник КГУСТА. 2015. № 2. С. 11–15.
13. Лыштван К.В., Цупикова Л.С. Регенерация асфальтобетона // Материалы 57-й студенческой научно-технической конференции инженерно-строительного института ТОГУ (17 - 27 апреля 2017 г.). Хабаровск: Тихоокеанский университет, 2017. С.179–182
14. Подольский Вл.П., Матвиенко Ф.В., Строкин А.С., Борисов А.Е. Исследование влияния модификатора «ДорЦем ДС-1» на свойства цемента и физико-механические характеристики цементогрунта // Научный журнал строительства и архитектуры. 2017. № 1
15. Вострикова Г.Ю., Хорохордин А.М., Востриков А.Г., Тимошинов О.В., Фалактионов А.И. Влияние модификатора на физико-механические показатели цементных систем // Научный вестник Воронежского

государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2016. № 1 (12). С. 30–33.

Информация об авторах

Боцман Лариса Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: lora80@list.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Соболев Константин Геннадиевич, PhD, профессор, зав. кафедрой гражданского строительства и охраны окружающей среды, Школа инжиниринга и прикладных наук. E-mail: k.sobolev@gmail.com. Университет Висконсин-Милуоки. США, WI 53201, штат Висконсин Милуоки, P.O. Box 413.

Полякова Руфина Олеговна, магистр кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: rufinaantonova@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Марков Андрей Юрьевич, аспирант кафедры материаловедения и технологии материалов. E-mail: rufinaantonova@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в ноябре 2018 г.

© Боцман Л.Н., Соболев К.Г., Полякова Р.О., Марков А.Ю., 2019

^{1,*}*Botsman L.N.,* ²*Sobolev K.G.,* ¹*Polyakova R.O.,* ¹*Markov A.U.*

¹*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov*

Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46

²*University of Wisconsin-Milwaukee*

P.O. Box 413, Milwaukee, WI 53201, USA.

**E-mail: lora80@list.ru*

EFFICIENCY ANALYSIS OF IMPLEMENTATION THE COLD RECYCLING TECHNOLOGY USING THE MODIFIER «DORCEM DS-1»

Abstract. *Currently, the technology of cold regeneration of the existing asphalt concrete pavement is used during the highways overhaul in most regions of Russia. The technology of cold regeneration includes grinding the material of asphalt concrete pavement with the capture of crushed stone layer of the base mainly by cold milling; preparing the mixture on the road or in special installations (with the addition of organic and inorganic binders, new skeletal material and other additives); the distribution of the mixture for the layer and its compaction. Mnixing is done by specialized machines. Typical selection with the addition of cement and bitumen emulsion is often used to perform cold regeneration. However, due to the increased price of materials, customers are looking for alternative ways to reduce the cost of construction, while maintaining the quality of performed work. The addition of cement and modifying additive “Dorcem DS-1” is one of such methods. Its expediency is discussed in the article.*

Keywords: *cold recycling, cold milling method, pavement base, modifying additives, road construction, modifier “Dorcem DS-1”, road pavement design.*

REFERENCES

1. Esipova Yu.Yu., Sachkova A.V., Dukhovny G.S. Modern methods of asphalt concrete regeneration. Collection of articles of the international scientific-practical conference "Modern science: Theoretical and practical view" (April 15, 2016). Tyumen: a collection of articles of the International Scientific and Practical Conference: in 4 parts, 2016, pp. 33–37.

2. Lupanov A.P., Silkin V.V., Rudakova V.V., Gladyshev N.V., Silkin A.V. Recycling of asphalt

concrete. STT: Construction equipment and technology, 2016, no. 4 (120), pp. 76–79.

3. Sviridenko M.V., Fedorova V.S. Ways of pavement regeneration. Proceedings of the 57th student scientific and technical conference of the engineering and construction institute of PNU (April 17 - 27, 2017). Khabarovsk: Pacific State University, 2017, pp. 256–260.

4. Manukovsky A.Yu., Kurdyukov R.P. Regeneration of asphalt concrete pavement. Actual directions of scientific research of the XXI century: Theory and practice, 2016, no. 5–2 (25-2), pp. 63–68.

5. Fursov S.G., Kondratyuk D.V., Fedorov P.L., Bubnov D.N. The effect of the modifier "DorTsem DS-1". Roads, 2012, no. 5, pp. 136–139.

6. Dmitrieva T.V., Kutsyna N.P., Kondrashov D.S., Bezrodnykh A.A. Some properties of soils with the modifier DorTsem. Resource-effective energy technologies in the regional building complex, 2018, no. 9, pp. 132–135.

7. Kuzhnikov A.M. Requirements for the soil of the roadbed and the underlying base. Roads, 2015, no. 5, pp. 82–83.

8. Bezrodnykh A.A., Dmitrieva T.V., Belyaev A.V., Strokova V.V. Experience in strengthening soil for road construction. Collection of scientific papers of the international scientific-practical conference "Modern problems of construction science" (November 8-10, 2017). Lipetsk State Technical University, 2017, pp. 210–215.

9. Kurdyukov R.P., Kurdyukov D.P., Manukovsky A.Yu. Regeneration of asphalt concrete pavement. Collection of scientific papers on the basis of the international scientific and technical Internet conference "Forests of Russia in the XXI century" (November 26, 2015). St. Petersburg, 2015, pp. 130–135.

10. Seliverstov N.D. Creating a technological complex for the construction, repair and restoration of road pavements (recycler). Repair. Recovery. Modernization, 2016, no. 2, pp. 42–47.

11. Asanov A.A., Alymkulov K.A. Modern technologies and sets of machines for pavement repair. Vestnik KSUTA, 2016, no. 1 (51), pp. 291–295.

12. Madanbekov N.Zh., Omurbek Uulu R., Murzakmatov DK, Turdubay Uulu S. Regeneration of pavements. Vestnik KGUSTA, 2015, no. 2, pp. 11–15.

13. Lyshtvan K.V., Tsupikova L.S. Asphalt concrete regeneration. Proceedings of the 57th Student Scientific and Technical Conference of the Engineering Building Institute of PNU (April 17 - 27, 2017). Khabarovsk: Pacific State University, 2017, pp. 179–182.

14. Podolsky VI.P., Matvienko F.V., Strokin A.S., Borisov A.E. Study of the effect of the modifier "DorTsem DS-1" on the properties of cement and the physico-mechanical characteristics of the cement ground. Scientific Journal of Construction and Architecture, 2017, no. 1 (45), pp. 84–92.

15. Vostrikova G.Yu., Khorokhordin A.M., Vostrikov A.G., Timoshinov O.V., Galaktionov A.I. The effect of the modifier on the physico-mechanical properties of cement systems. Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science, 2016, no. 1 (12), pp. 30–33.

Information about the authors

Botsman, Larisa N. PhD, Assistant professor. E-mail: lora80@list.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sobolev, Konstantin G. PhD, Professor. E-mail: k.sobolev@gmail.com. University of Wisconsin-Milwaukee. P.O. Box 413, Milwaukee, WI 53201, USA.

Polyakova, Rufina O. Master student. E-mail: rufinaantonova@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Markov, Andrei U. Postgraduate student. E-mail: irishka-31.90@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in November 2018

Для цитирования:

Боцман Л.Н., Соболев К.Г., Полякова Р.О., Марков А.Ю. Анализ эффективности внедрения технологии холодного ресайклинга с применением модификатора «ДорЦем ДС-1» // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. №1. С. 39–44. DOI: 10.12737/article_5c506204cd5049.44944476

For citation:

Botsman L.N., Sobolev K.G., Polyakova R.O., Markov A.U. Efficiency analysis of implementation the cold recycling technology using the modifier «DorCem DS-1». Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov, 2019, no. 1, pp. 39–44. DOI: 10.12737/article_5c506204cd5049.44944476