

УДК 625.855.31/32

*АНДРОНОВ СЕРГЕЙ ЮРЬЕВИЧ, аспирант,
atomic08@yandex.ru
Саратовский государственный технический университет,
410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77*

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТНЫХ СЛОЁВ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ТЕРМООБРАБОТКОЙ

Разработан способ устройства защитных слоёв термообработкой свежеложенных дорожных покрытий из холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими. Исследованы свойства защитного слоя на покрытии из холодного вибролитого регенерированного асфальта. Выполнен ямочный ремонт дорожных покрытий с устройством защитного слоя термообработкой.

Ключевые слова: холодные органоминеральные материалы с дисперсным битумом, защитный слой, термообработка.

*ANDRONOV, SERGEY YURYEVICH, P.G.
atomic08@yandex.ru
Saratov State Technical University,
77 Polytekhnicheskaja st., Saratov, 410054, Russia*

CREATION OF ROADWAY COVERING PROTECTIVE LAYERS BY HEAT TREATMENT

The method of making the roadway protective layers of freshly-laid roadway coverings consisting from organic mineral and disperse organic glue by means of heat treatment has been carried out. The properties of the protective layers on the cold reclaimed compacted asphalt coverings have been investigated. The repair of road covering with creation of protective layer by heat treatment has been performed.

Keywords: cold organic mineral materials with disperse bitumen, protective layer, heat treatment.

Для устройства и ремонта дорожных покрытий наиболее широко применяются различные органоминеральные материалы горячего приготовления, технология производства которых имеет ряд существенных недостатков: повышенный расход энергии на высушивание и нагрев минеральных материалов; нанесение экологического ущерба выбросами в атмосферу огромного количества минеральной пыли, окислов азота, углерода, серы, канцерогенных углеводородов; вредные условия труда и др.

Альтернативные методы устройства и ремонта дорожных покрытий органоминеральными материалами с дисперсными вяжущими холодного приготовления (на эмульсиях) исключают ряд недостатков, присущих производству и применению органоминеральных смесей горячего приготовления. Однако формирование дорожных покрытий из органоминеральных материалов с дисперсными вяжущими является достаточно длительным про-

цессом, интенсивность которого зависит от скорости испарения из покрытий воды и формирования пленки органического вяжущего на поверхности твердых составляющих смеси. Решающее значение для скорости формирования покрытий имеют погодные условия (температура и влажность воздуха, наличие осадков, скорость ветра, солнечная инсоляция и др.). При благоприятных погодных условиях открытие движения транспорта возможно только в конце рабочего дня. При повышенной влажности воздуха, низких атмосферных температурах, при наличии осадков, в регионах с холодным и влажным климатом открытие движения транспорта по покрытию возможно только через несколько суток. Поэтому разработка способов ускорения формирования покрытий из холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими имеет важное практическое значение.

Разработан способ и запатентовано устройство [1] для создания защитных слоёв дорожных покрытий термообработкой. Способ применим при устройстве и ремонте дорожных покрытий из материалов с дисперсными органическими вяжущими [2], с эмульсиями на жидких эмульгаторах (асфальты, регенерированные асфальты, цементасфальты и др.). Устройство защитных слоёв на дорожных покрытиях из холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими позволяет сразу после завершения работ открывать движение транспорта с проектной скоростью на дорогах II–IV технических категорий во II–V дорожно-климатических зонах и расширить строительный сезон.

При термообработке с повышением температуры в верхнем слое покрытия происходит быстрое формирование сплошных плёнок органического вяжущего за счёт его растекания по воде (отсутствие гистерезиса смачивания), а после её испарения – растекания вяжущего по поверхности твёрдых частиц. При использовании в качестве вяжущего вязкого нефтяного битума, чтобы исключить его выгорание, температура в защитном слое не должна превышать 180 °С. Выгоранию органического вяжущего препятствует интенсивное испарение воды. По мере остывания обезвоженной органоминеральной смеси происходит её формирование в монолит (упрочнение). После остывания покрытия до температуры воздуха на его поверхности образуется защитный слой толщиной 1–1,5 см, предохраняющий свежеложенное покрытие от пластических деформаций, вырывания отдельных зёрен смеси при движении транспорта и реэмульгирования органического вяжущего при выпадении обильных осадков.

Процесс устройства защитного слоя термообработкой холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими исследовался в лабораторных условиях на стандартных цилиндрических образцах из холодной вибролитой регенерированной смеси [2, 3], приготовленной путём уплотнения вибрацией смеси из холодных увлажнённых старого асфальтобетона и минеральных материалов с вязким нефтяным битумом рабочей температуры (140–160 °С). При перемешивании в объёме смеси образуется прямая медленнораспадающаяся битумная эмульсия, стабилизированная твердым эмульгатором – минеральным порошком. В результате получается асфальт на битумной эмульсии без заблаговременного производства и приме-

нения эмульсии. Технология холодного вибролитого регенерированного асфальта имеет ряд социально значимых достоинств: энергосбережение, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих и старого асфальтобетона, а также длительного уплотнения укаткой; ресурсосбережение за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки и др.; экологическую безопасность, так как благодаря холодному и влажному приготовлению смесей исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов и др. Народнохозяйственный эффект от этого внедрения составляет около 63 % по сравнению с литыми асфальтами горячего приготовления [3].

Для экспериментальных исследований приготавливались холодные вибролитые регенерированные смеси, содержащие 50 % старого фрезерованного асфальтобетона, известнякового щебня 10 % марки 800 и полученного из него искусственного песка 22 %, известнякового неактивированного минерального порошка марки МП-1 в пересчёте на частицы мельче 0,071 мм 18 %, нефтяного битума 6–10 % марки БНД 90/130, водопроводной воды 6–9 %.

Термообработка поверхности свежесформованных цилиндрических образцов выполнялась газовой пропановой эжекционной горелкой, установленной на лабораторном штативе. Горелка регулировалась до получения короткого факела (не более 10 см) зелёно-голубого цвета, что обеспечивает полное сгорание газа. Высота горелки над образцом назначалась исходя из условия полного охвата факелом торцевой поверхности образца. Температура поверхности образцов контролировалась термощупом, подключенным к цифровому мультиметру Mastech M 830 с функцией определения температуры. При мощности горелки 0,8–1,0 кВт поверхность свежесформованных образцов прогревалась до 180 °С за 60–80 с.

В лабораторных условиях на образцах с применением математического планирования эксперимента по классическому трёхфакторному плану изучалось влияние тепловой нагрузки, влажности смеси и содержания битума на толщину защитного слоя. С помощью компьютерной программы STATISTICA 6.0 получено графическое описание влияния исследуемых факторов на толщину защитного слоя (рис. 1, 2).

Величина тепловой нагрузки T определяется из выражения

$$T = P_{\text{гор}} \cdot t_{\text{обр}} / S_{\text{пов}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{гор}}$ – мощность горелки, кВт; $S_{\text{пов}}$ – площадь прогреваемой поверхности, см²; $t_{\text{обр}}$ – время термообработки, с.

Анализируя углы наклона поверхности отклика относительно осей графиков, видно, что получению большей толщины защитного слоя способствует главным образом увеличение тепловой нагрузки. Толщина защитного слоя также увеличивается с увеличением влажности смеси и с уменьшением дозировки битума (рис. 1, 2). При максимальной тепловой нагрузке 2,4 кВт·с/см² толщина защитного слоя составляет около 15 мм (рис. 1).

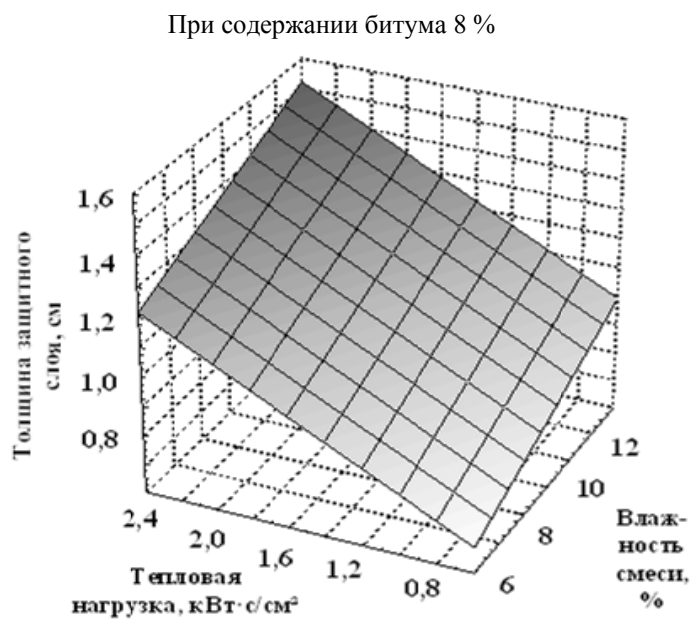


Рис. 1. Влияние тепловой нагрузки и влажности смеси на толщину защитного слоя

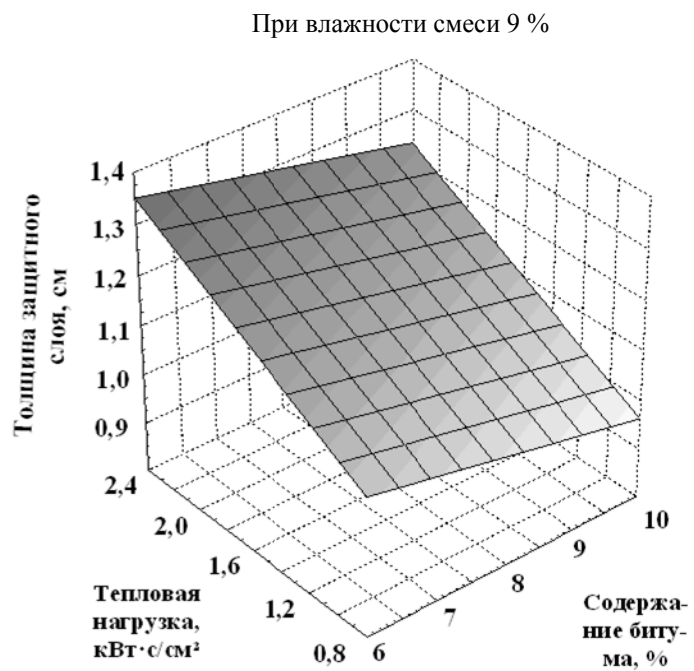


Рис. 2. Влияние тепловой нагрузки и содержания битума на толщину защитного слоя

Исследовались физико-механические свойства защитного слоя. Холодные вибролитые регенерированные смеси готовились при оптимальной влажности 9 % и дозировке битума 8 %. Термообработка поверхности образцов выполнялась 20, 50 и 80 с. Плотность и водонасыщение защитного слоя определялись по методике ГОСТ 12801–98. Предел прочности на сжатие при 20 и 50 °С определялся методом вдавливания конуса, предложенным академиком П.А. Ребиндером [4]. Метод позволяет по величине предельного сопротивления вдавливанию конуса и заранее установленной в лаборатории корреляционной связи определять предел прочности на сжатие и плотность материала. Достоинством метода является возможность испытаний на образцах и в покрытии, высокая скорость проведения испытаний (менее 3 мин), простота конструкции и низкая стоимость прибора для определения глубины вдавливания конуса. Для конуса с углом при вершине 30° предельное сопротивление вдавливанию определяется из выражения [4]:

$$P = 0,959 \cdot F / h^2, \quad (2)$$

где P – предельное сопротивление вдавливанию конуса, Па; F – нагрузка на конус, Н; h – глубина погружения конуса в асфальт, м.

Физико-механические свойства защитного слоя (табл. 1) сравнивались со свойствами окончательно сформировавшихся асфальтовых образцов того же состава. Окончательно свойства асфальтовых образцов стабилизируются после полного высушивания при температуре 100 °С в течение 12 ч или через 28 сут при температуре 20 °С. Образцы испытывались по методике ГОСТ 12801–98. Свойства окончательно сформировавшегося асфальта удовлетворяют требованиям ко второй марке горячего плотного асфальтобетона по ГОСТ 9128–97 для II–V дорожно-климатических зон (табл. 2).

Таблица 1

Физико-механические свойства защитного слоя

Время термообработки, с	Толщина, мм	Плотность, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Предельное сопротивление вдавливанию конуса при 20 °С, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре	
					20 °С	50 °С
20	6,74	2,15	9,6	1,84	2,5	1,3
50	9,65	2,14	9,8	1,80	2,4	1,2
80	13,10	2,15	9,9	1,81	2,5	1,3

Сравнением данных табл. 1 и 2 установлено, что защитный слой имеет те же значения плотности, водонасыщения, предельного сопротивления вдавливанию конуса и предела прочности на сжатие, что и окончательно сформировавшийся асфальт того же состава. Длительность термообработки влияет только на толщину защитного слоя, но не на его физико-механические свойства.

В июне 2009 г. был осуществлён ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий г. Саратова холодными вибролитыми регенерированными мелкозернистыми смесями (состав см. табл. 3) с известняковой минеральной частью. Интенсивность движения транспорта на ремонтируемых участках со-

ставляла до 7000 авт./сут. Для обеспечения возможности открытия движения транспорта непосредственно после окончания ремонтных работ проводилось устройство защитного слоя путем термической обработки поверхности свежеложенного покрытия.

Таблица 2

Основные физико-механические свойства асфальта

Плотность, г/см ³	Водонасыщение, % по объему	Остаточная пористость, %	Набухание, % по объему	Предел прочности на сжатие, МПа, при температуре		Водостойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении	Предельное сопротивление вдавлению конуса при 20 °С, МПа
				20 °С	50 °С			
2,15	9,8	12,0	0,00	2,5	1,3	0,93	0,88	1,82

Таблица 3

Составы смесей

Тип смеси	Содержание щебёночной фракции, %	Состав смеси, % по массе					
		Старый асфальтобетон	Щебень	Искусственный песок	Минеральный порошок	Битум БНД 90/130	Вода
Б	44	50	10	20	20	7	9
В	36	40	20	20	20	8	9

Размер выбоин в плане составлял в среднем 100×40 см (рис. 3, а). Для улучшения сцепления старого слоя покрытия с холодной вибролитой регенерированной смесью проводилась очистка выбоин от пыли и грязи, края и дно смачивались водой. Подгрунтовка ремонтных карт битумом не производилась. Смесью уплотнялись послойно ручной металлической трамбовкой массой 5 кг или виброплитой (при большой площади выбоин) до появления воды на поверхности слоя. Толщина уложенного слоя асфальта в среднем составляла 4 см. Для контроля ровности получаемого покрытия применялась деревянная рейка. Термообработка выполнялась газовой эжекционной горелкой ГВП-246 мощностью 1,0 кВт, подключенной шлангом через прибор учёта (газовый счётчик) и регулятор давления к баллону со сжиженным пропаном (рис. 3, б).

Работы по ямочному ремонту могут проводиться одним человеком с использованием несложных инструментов. Это позволяет осуществлять профилактический ремонт дефектов покрытия в начале их образования, что обычно не делается горячими асфальтобетонными смесями. Движение транспорта открывалось после остывания отремонтированных участков до температуры окружающего воздуха (через 15–20 мин). Все отремонтированные

объекты в течение года находятся в хорошем состоянии, признаков разрушений не обнаружено (рис. 3, б). В пределах отремонтированных участков обеспечивается необходимая ровность.

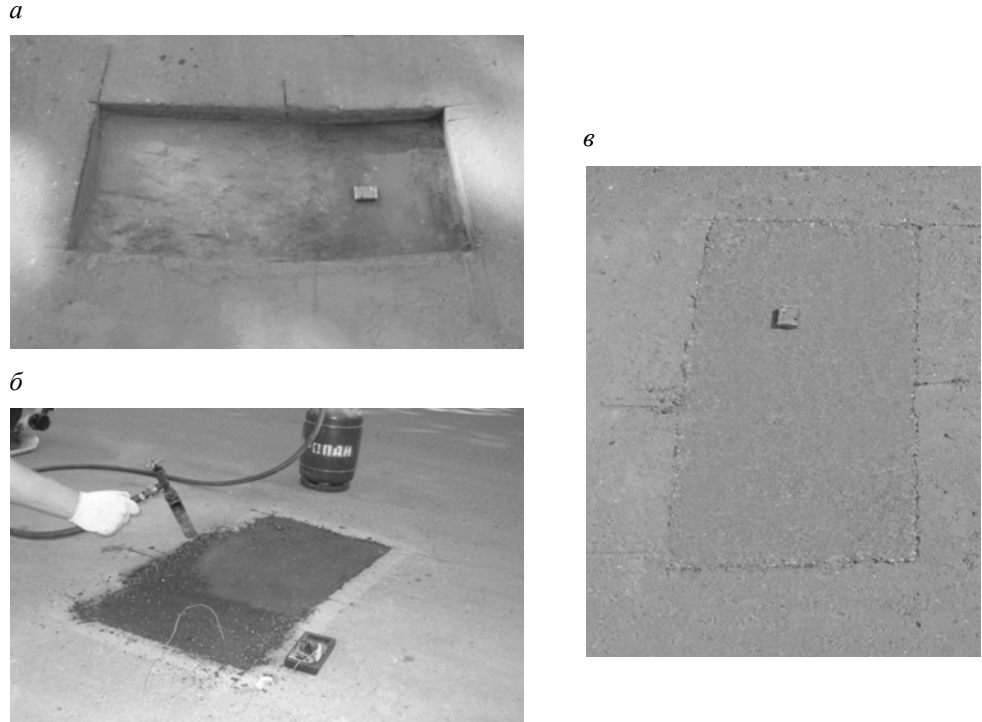


Рис. 3. Ремонт асфальтобетонного покрытия холодной вибролитой регенерированной смесью типа Б с устройством защитного слоя термообработкой:
а – ремонтируемая выбоина; б – термическая обработка поверхности покрытия;
в – отремонтированный участок после года эксплуатации

Установлено, что при интенсивности движения от 3000 до 7000 авт./сут для исключения вырывания отдельных агрегатов защитного слоя и образования мелких раковин необходимая толщина защитного слоя должна составлять не менее 1,2 см, что обеспечивается прогревом открытым пламенем горелки каждой точки свежестроенного покрытия в течение 60–80 с до температуры не более 180 °С. При этом удельный расход газа составляет 0,10–0,12 м³/м². С позиций энергозатрат устройство защитных слоёв дорожных покрытий из холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими термообработкой открытым пламенем газовой горелки более эффективно в сравнении с инфракрасным излучением, поскольку наиболее часто применяемые инфракрасные асфальтозагреватели при разогреве поверхности покрытия из обычного асфальтобетона до температуры 180 °С имеют удельный расход газа 0,2–0,3 м³/м² [5]. Следует ожидать, что при использовании инфракрасных асфальтозагревателей для устройства защитных слоёв описанным способом увеличится удельный расход газа и снизится их произ-

водительность, так как на испарение воды потребуется дополнительное время и затраты энергии.

На отремонтированных участках методом «песчаного пятна» по методике ВСН 38-90 определялись параметры шероховатости (средняя глубина впадин и средняя высота выступов). Определение параметров шероховатости производилось через 30, 120 и 360 дней после ямочного ремонта (табл. 4).

Таблица 4

Параметры шероховатости отремонтированных участков

Тип смеси	Параметры шероховатости					
	Средняя глубина впадин, мм			Средняя высота выступов, мм		
	через 30 дней	через 120 дней	через 360 дней	через 30 дней	через 120 дней	через 360 дней
Б	0,43	0,43	0,41	0,82	0,83	0,82
В	0,37	0,36	0,36	0,72	0,72	0,71

Анализ данных табл. 4 показывает, что покрытия из холодного вибролитого регенерированного асфальта, где термообработкой устраивался защитный слой, относятся к мелкошероховатым по классификации ВСН 38-90. С увеличением содержания в смесях зёрен щебёночной фракции шероховатость покрытий увеличивается. Параметры шероховатости исследуемых участков покрытий практически не изменились за период между измерениями (360 дней). По ВСН 38-90 параметры шероховатости покрытий из холодной вибролитой регенерированной смеси типа В отвечают требованиям к участкам дорог с лёгкими условиями движения, из смеси типа Б – к участкам дорог с затруднёнными условиями движения.

Выводы

Устройство защитных слоёв на дорожных покрытиях из холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими позволяет сразу после завершения работ открывать движение транспорта с проектной скоростью на дорогах II–IV технических категорий во II–V дорожно-климатических зонах и расширить строительный сезон. Установлена высокая эффективность термообработки открытым пламенем газовых горелок. С применением метода метаматематического планирования эксперимента установлено, что получению большей толщины защитного слоя способствует главным образом увеличение тепловой нагрузки на покрытие. На покрытии из холодного вибролитого регенерированного асфальта с дисперсным битумом при максимальной тепловой нагрузке 2,4 кВт·с/см² толщина защитного слоя составляет около 15 мм. Свойства защитного слоя практически соответствуют свойствам окончательно сформировавшегося покрытия. Производственный опыт показал высокую эффективность устройства защитных слоёв термообработкой дорожных покрытий из холодных органоминеральных материалов

с дисперсными органическими вяжущими при интенсивности движения до 7000 авт./сут.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Установка для термической обработки* дорожных покрытий : пат. 92025 Рос. Федерация / Н.А. Горнаев, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов, С.М. Евтеева ; заявл. 16.11.09 ; опубл. 10.03.10, Бюл. № 7. – 3 с.
2. *Способ приготовления* холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий : пат. 2351703 Рос. Федерация / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов ; заявл. 15.02.08 ; опубл. 10.04.09, Бюл. № 10. – 10 с.
3. *Андронов, С.Ю.* Холодный вибролитой регенерированный асфальт / С.Ю. Андронов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Сер.: Строительство и архитектура. – Волгоград, 2010. – Вып. 18 (37). – С. 63–68.
4. *Ребиндер, П.А.* О методе погружения конуса для характеристики структурно-механических свойств пластично-вязких тел / П.А. Ребиндер, Н.А. Семенов // ДАН СССР. – 1949. – Т. 64. – С. 6.
5. *Сюньи, Г.К.* Регенерированной дорожный асфальтобетон / Г.К. Сюньи, К.Х. Усманов, Э.С. Файнберг. – М. : Транспорт, 1984. – 118 с.