



**Об авторе:**

**Малодушев Андрей Александрович,**

Образование – СПбГАСУ, к.т.н.

В дорожной отрасли с 1999 года.

С 2003 по 2005 года начальник отдела контроля качества и диагностики дорог Дорожного комитета Ленинградской области. С 2005 года в той же должности в ГУ «Ленавтодор».



**Об авторе:**

**Петров Александр Васильевич,** закончил Ленинградский инженерно-строительный институт, инженер путей сообщения. Почетный дорожник России. Член-корреспондент Международной академии транспорта. Автор публикаций в российских специализированных изданиях. Трудовую деятельность начал в 1975г. с должности мастера ДСУ-6 объединения «Ленавтодор».

В настоящее время работает начальником департамента программно-целевого планирования комитета по дорожному хозяйству и транспорту Ленинградской области.

**Малодушев А. А.  
Петров А. В.**

## ЭМУЛЬСИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕМОНТА И СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Н**ефтяной битум является основным вяжущим для строительства и ремонта автомобильных дорог. Потребность, на различных технологических переделах, в понижении его вязкости достигается различными методами. Классически можно выделить следующие способы:

- горячий (разогрев битума до температуры, при которой возможно его использование);
- разжижение (смешение битума с растворителем, который со временем испаряется);
- эмульгирование (смешение битума с водой).

Каждый из перечисленных способов применяется исходя из их достоинств и недостатков.

Горячий способ используется для производства горячих асфальтобетонных смесей, при устройстве поверхностной обработки и подгрунтовки. Достоинства применения горячих асфальтобетонных смесей обусловлены возможностью получения прочных конструкционных слоев дорожной одежды. В качестве недостатков можно отметить сложность технологического процесса, зависимость выполнения работ от погодных условий. Поверхностная обработка с использованием битума в последнее время практически не используется, поскольку процесс ее устройства более трудоемкий, по сравнению с устройством поверхностной обработки с применением эмульсии. Битум в ка-

честве материала для обеспечения сцепления слоев материалов (подгрунтовка) находит ограниченное применение.

Способ разжижения не распространен и используется, в основном, при производстве холодных асфальтобетонных смесей и при производстве ремонтных смесей для устранения межсезонной аварийной ямочности. В Ленинградской области холодные смеси не используются, а ремонтные смеси весьма дороги и применяются в единичных случаях.

Способ эмульгирования позволяет получить эмульсию, которая при нанесении ее на поверхность минерального материала или поверхность дорожного покрытия распадается с установленной для данного вида работ скоростью, образуя тонкий слой битума.

Битумные эмульсии призваны улучшить качество, повысить технологичность и скорость проведения дорожно-строительных и ремонтных работ. Основным конкурентом битумных эмульсий является дорожный битум, разогретый до высоких температур. При использовании такого битума в дорожном строительстве и ремонте невозможно достичь достаточного качества ввиду следующих причин:

- более низкое сцепление битума с поверхностью материалов;



- неравномерное распределение по поверхности;
- необходимость полного отсутствия влаги на очищенной поверхности;
- зависимость от погодных условий;
- высокая энергоёмкость, обусловленная поддержанием высоких температур;
- повышенная опасность производства работ, так как используется битум температуры до 160 °С.

В отличие от дорожного битума, битумные эмульсии:

- обеспечивают хорошее сцепление с поверхностью материала, вследствие положительной заряженности катионной эмульсии и отрицательной материала;
- по текучести эмульсия близка к воде, поэтому она растекается по поверхности, заполняя все поры и неровности;
- допускается разлив битумных эмульсий на увлажненную поверхность, а при высоких температурах воздуха (покрытия) увлажнение поверхности даже необходимо;
- технология производства битумных эмульсий позволяет варьировать ее качественными показателями, необходимыми для каждого отдельного вида работ;
- более низкая энергоёмкость из-за отсутствия необходимости поддержания высокой температуры;
- использование битумных эмульсий при температурах от 30 до 70° С делает ее применение безопасным. В ряде технологий, к примеру, Slurry Seal применяется «холодная эмульсия», которая не требует подогрева. С началом интеграционных процессов в мире, в последнее десятилетие интерес к дорожным эмульсиям в России значительно возрос, хотя эмульсии и были рекомендованы Главным Управлением Минтрансстроя СССР в середине 70-х к широкому внедрению в практику дорожного строительства. Однако в силу ряда причин этого не произошло. За рубежом битумные эмульсии начали применяться с 20-х годов прошлого столетия. Использовались они при отсутствии знаний о механизме образования эмульсий, технологических возможностях приготовления, применения и их формировании в смесях. И, несмотря на это с начала XX в. до середины 50-х годов прошлого века объём их использования постепенно нарастал. С увеличением объёма производства битумных вяжущих для производства горячих асфальтобетонных смесей, объём дорожных материалов на основе битумных эмульсий практически прекратился. Битумные эмульсии в это время применялись в основном для укрепления грунтов или на второстепенных дорогах. С началом энергетического кризиса 70-х годов XX века в странах Западной Европы и США производители дорожных материалов вспоминают о битумных эмульсиях, производство которых и использование энергетически менее затратно.

Все это, наряду с энергетическим кризисом, привело к развитию и совершенствованию технологий приготовления дорожно-

строительных материалов на основе битумных эмульсий, методов испытаний и сфер их применения.

Наиболее широкое распространение за рубежом получили катионные эмульсии. Так, лидерами по производству эмульсий становятся такие страны, как Франция, Германия и Швеция, где доля эмульсий в структуре потребления органических вяжущих составляет 15–40%, среди которых катионные битумные эмульсии преобладают (до 95–98% всех выпускаемых эмульсий) как наиболее универсальные и обеспечивающие достаточную адгезию вяжущего к поверхности минеральных материалов кислот и основной природы.

Подобная картина наблюдается и в ряде других развитых стран. В России также преимущественно используются катионные битумные эмульсии.

Нельзя не отметить тот факт, что технологии и регламенты производства эмульсий и варианты их применения в дорожной отрасли России разрабатывались с начала 60-х годов, однако в связи с отсутствием достаточных возможностей по механизации процессов производства эмульсий и приготовления смесей на их основе — долгое время эмульсии не пользовались популярностью, несмотря на все преимущества их использования.

Лишь только в 2001 году в свет вышли «Методические рекомендации по устройству защитного слоя износа из литых эмульсионно-минеральных смесей типа «Сларри Сил» и «Методические рекомендации по устройству одиночной шероховатой поверхностной обработки техникой с синхронным распределением битума и щебня». Находят применение и «Методические рекомендации по технологии заделки повреждений асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог струйно-инъекционным методом».

Перенимая зарубежный опыт, дорожные предприятия России зачастую не уделяют достаточного внимания вопросам технологического процесса, научным разработкам в области изучения битумных эмульсий, климатических и эксплуатационных условий и других факторов, оказывающих влияние на качество работ. При таком подходе практически неизбежны довольно частые отрицательные результаты. Поэтому среди ряда дорожников в России есть некое сомнение при использовании зарубежных технологий, материалов, оборудования и машин, несмотря на то, что эмульсионные технологии широко и успешно используются во всем мире.

Так что же представляют собой эмульсия и эмульсионные технологии? С классических представлений, эмульсиями называют дисперсные системы, в которых одна жидкость (фаза) в виде мельчайших капель диспергирована (раздроблена) в другой жидкости (среда), не смешиваясь с ней. Дорожные битумные эмульсии

представляют собой жидкости темнокоричневого цвета, полученные путем диспергирования битума в водном растворе эмульгатора. Битумы, являющиеся неполярными веществами, не растворяются в полярной жидкости — воде. Поэтому они могут смешиваться с водой только с образованием коллоидной системы — эмульсии. Образование и устойчивость эмульсии достигаются путем введения в нее эмульгаторов. По виду дисперсной фазы битумные эмульсии делятся на прямые и обратные.

Прямые эмульсии — это когда битум в виде мелких капелек (от 1 до 20 мк) находится в водной среде. Обратные эмульсии — это когда вода в виде мелких капелек находится в битумной среде. В зависимости от применяемых эмульгаторов эмульсии могут быть анионного и катионного видов.

Прямые битумные эмульсии катионного вида нашли наибольшее применение в дорожной практике, в силу своей универсальности. Они более технологичны по сравнению с обратными эмульсиями, так как обладают низкой вязкостью, обусловленной большим наличием водной среды, и лучшим сцеплением с минеральным материалом, поскольку имеют положительную заряженность частиц, обеспечивающих хорошую адгезию вяжущего к поверхности материалов кислот и основной пород.

При взаимодействии эмульсии с каменным материалом за счет адсорбции эмульгатора поверхностью каменных материалов и испарения воды нарушается равновесие системы, происходит ее распад. На поверхности материала образуются пленки битума.

Как было отмечено выше, эмульсионные технологии для ремонта дорожных покрытий в России используются, как правило, при устройстве поверхностной обработки одиночной (рис. 1) или двойной и подгрунтовок, а также при выполнении ямочного ремонта струйно-инъекционным способом.

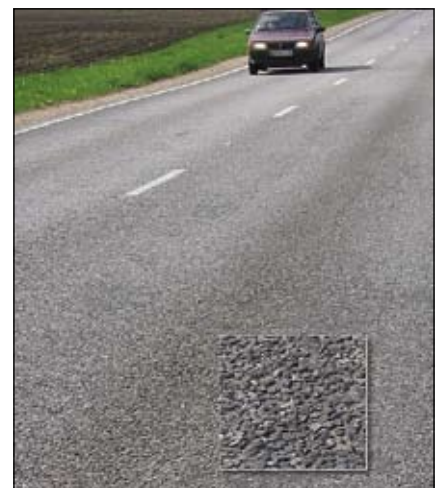


Рис. 1. Одиночная поверхностная обработка



Рис. 2. Выполнение работ по устранению ямочности

Учитывая плачевное состояние российских дорог, которое обусловлено множеством факторов, в том числе эксплуатацией дорог в режиме перегрузки и недоремонтом, наиболее востребованной в настоящее время оказалась технология выполнения ямочного ремонта струйно-инъекционным способом машинами БЦМ-24, БЦМ-24.3 и другими комплексами (рис. 2 и рис. 3).

Преимущество струйно-инъекционного способа перед традиционным методом устранения ямочности, когда в асфальтобетонном покрытии вырезают ремонтные карты, которые, после очистки и подгрузки их поверхности эмульсией, заполняют асфальтобетонной смесью с последующей ее укаткой, заключается в следующем:

- не требуется расширения выбоин, как при устройстве ремонтных карт, что сокращает трудозатраты, уменьшает площадь заделанной выбоины, снижает вероятность разрушения старого асфальтобетона, находящегося между заделанными выбоинами, при наличии их большого количества;
- работы можно проводить как на сухом, так и на влажном покрытии, но при отсутствии свободной воды;



Рис. 3. Запломбированная выбоина

- заделку выбоин осуществляют путем заполнения их ремонтными материалами (щебень и эмульсия), подаваемыми в струе воздуха с высокой скоростью, что обеспечивает хорошее их уплотнение, исключая необходимость в использовании виброплит и виброкатков;
- к минимуму сводятся ограничения движения автотранспорта при производстве работ.

Российские дорожники уже знакомы со Slurry Seal и Microsurfacing, которые являются холодными эмульсионно-минеральными смесями. Проявляется интерес к применению технологии

Fog Seal. Принципы устройства одиночной и двойной поверхностной обработки, применяемой в России, схожи с применением технологий Chip Seal и double Chip Seal. Следует отметить, что ОАО «СНПЦ «РОСДОПТЕХ» специально для российского рынка, совместно с французской фирмой SECMAIR, было создано оборудование — «Чипслер», для устройства поверхностных обработок, с синхронным распределением розлива эмульсии и распределения каменного материала.

Струйно-инъекционный способ устранения ямочности также заимствован из-за рубежа и известен там как Patching.

Учитывая повышенный интерес к эмульсионным технологиям, авторы попытались отразить основные виды обработки поверхностей покрытия. Учитывая различную терминологию в разных странах, в статье была принята оригинальная терминология, используемая в странах Северной Америки — США и Канаде.

Под термином **Chip Seal** понимают различные виды поверхностной обработки, в которых происходит использование равномерно распределенных битумного вяжущего и каменного материала. Многократные слои поверхностной обработки (Multiple Coat Seal) могут быть устроены на различных вяжущих и каменных материалах, в зависимости от различных условий эксплуатации. Chip Seal наиболее распространен и является одним из старейших методов ремонта дорожных покрытий.

**Single Coat Seal.** Одиночная поверхностная обработка, которая заключается в нанесении вяжущего на покрытие с последующим распределением и втапливанием каменного материала в слой вяжущего (рис. 4). Этот тип поверхностной обработки используется для защиты покрытия, обеспечения его шероховатости и закрытия тре-

щин. Фракция каменного материала зависит от условий эксплуатации покрытия и может составлять 7, 10, 14, 20 и 25 мм.

Наиболее прогрессивным способом устройства одиночной поверхностной обработки является синхронное распределение эмульсии и щебня, при этом разрыв между этими операциями не превышает 1÷2 сек, что существенно сказывается на повышении качества поверхностной обработки (рис. 5). Связано это с тем, что за столь короткий промежуток времени распад эмульсии только начинается, и эмульсия в жидком состоянии заполняет все микропоры щебня и покрытия, покрывает каждую щебенку тонким слоем вяжущего и обеспечивает возможность хорошего уплотнения слоя поверхностной обработки.

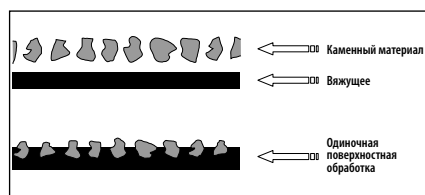


Рис. 4. Одиночная поверхностная обработка (Single Coat seal)

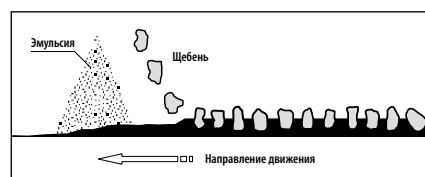


Рис. 5. Одиночная поверхностная обработка с синхронным распределением материалов

**Multiple Coat Seal.** Многократная поверхностная обработка, которая заключается в многократном нанесении каменного материала и вяжущего. Так, одним из типов многократной поверхностной обработки является двойная поверхностная обработка (double Chip Seal), которая состоит из распределенного слоя вяжущего на покрытии, и втопленного в него каменного материала. Затем наносится новый слой вяжущего и замыкающий слой каменного материала с прикаткой. Размер каменного материала замыкающего слоя должен соответствовать половине размера основной фракции первого слоя (рис. 6). Многократная поверхностная обработка используется там, где требуется повышенная износостойкость покрытия. Также она может быть нанесена и на новое покрытие. В качестве второго (замыкающего) слоя могут использоваться и холодные эмульсионно-минеральной смеси Slurry Seal и Microsurfacing. В этом случае соче-



тание Chip Seal и Slurry Seal или Microsurfacing образует новый комбинированный вид обработки, который называется **Cape Seal**. Как правило, Cape Seal применяется там, где требуется выровнять и сгладить зернистую поверхность Chip Seal.

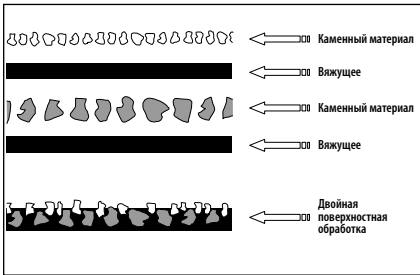


Рис. 6. Двойная поверхностная обработка (double Chip Seal)

**Racked-in Seal.** Обработка поверхности производится подобно одиночной поверхностной обработке, но с последующим распределением минерального наполнителя порошкообразного вида, рассыпью. На рис. 7. показана схема устройства поверхностной обработки типа Racked-in Seal.

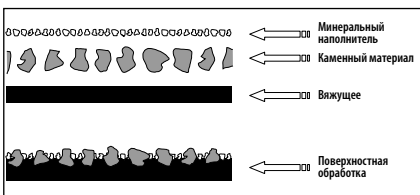


Рис. 7. Поверхностная обработка (Racked-in Seal)

**Sandwich Seal.** Используется на покрытиях, где вяжущее выступает на поверхности. Слой сухого каменного материала (основная фракция) распределяется на поверхность и затем втапливается. Далее наносится слой вяжущего, который заполняет межзерновое пространство каменного материала. Замыкающим слоем наносится каменный материал, размер которого равен половине наименьшего размера основной фракции (рис. 8).

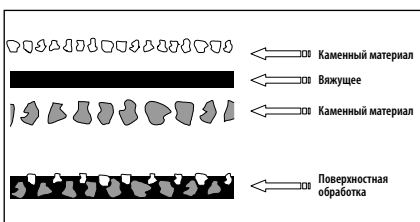


Рис. 8. Поверхностная обработка (Sandwich Seal).

Кроме выше перечисленных видов поверхностной обработки можно отметить:

**Scrub Seal.** Обработка модифицированным вяжущим изношенного покрытия, на котором обнажен каменный материал или присутствует развитая сетка трещин, посредством жестких скребков (рис. 9). Обработка поверхности должна сопровождаться добавлением песка или мелкого каменного материала (отсевы). После обработки покрытия, возможно устройство различных видов поверхностной обработки, а также Slurry Seal и Microsurfacing.



Рис. 9. Обработка покрытия Scrub Seal

**Sand Seal.** Обработка покрытия вяжущим с последующим распределением песка. Это покрытие предназначено для дорог с невысокой транспортной нагрузкой.

Учитывая, что данная статья посвящена эмульсионным технологиям, то здесь не рассматриваются такие виды обработки (Flush Coats, Prime Coats и др.), в которых эффект их применения определяется использованием модифицированных битумов. Также не рассматриваются виды обработок, где применяются разжиженные битумы. В табл. 1. приведены виды вяжущих, которые могут использоваться в различных типах обработки поверхностей.

**Rejuvenation Seal.** Со временем дорожные покрытия становятся старыми и хрупкими и на них появляются трещины, которые разрастаются и в конечном итоге приводят к разрушению поверхности покрытия (рис. 10). Это является следствием

окисления вяжущего и потери летучих фракций более низкой молекулярной массы (масел).

Лечение трещин и «омоложение» состарившегося битума возможно, используя технологию Rejuvenation Seal.

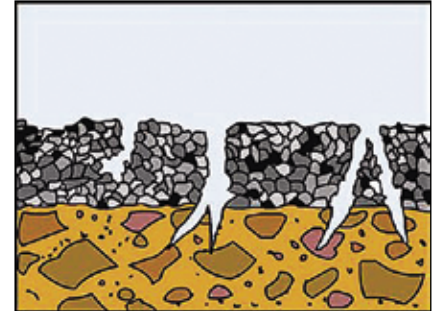


Рис. 10. Трещины на старом покрытии.

Rejuvenation Seal является разновидностью Chip Seal. Для устройства такого покрытия применяется продукт специальной рецептуры, который ведет себя и как обычное вяжущее, и как вяжущее для восстановления. В качестве вяжущего выступает эмульсия, которая содержит восстанавливающее масло. Поскольку присутствие масла в эмульсии уменьшает ее вязкость и есть вероятность проявления вяжущего на поверхности покрытия, то эмульсию дополнительно еще модифицируют и полимерами.

Использование восстанавливающих масел позволяет замещать потерянные масла состарившегося битума. Rejuvenation Seal используется для ремонта дорожного покрытия и позволяет восстановить адгезию вяжущего к уже имеющемуся каменному материалу, а также может играть роль связующего при нанесении нового слоя каменного материала. Rejuvenation Seal устраивается до начала образования ямочности на покрытии. Как правило, Rejuvenation Seal используется в начале процесса выкрашивания каменного материала из покрытия.

**Fog Seal.** Данная технология широко применяется за рубежом как профилактическая мера и позволяет защитить покрытие от влаги и увеличить его долговеч-

Таблица 1

Вид вяжущего	Вид обработки					
	Single	Multiple	Sand	Scrub	Sandwich	Fabric
PME – полимермодифицированная эмульсия (Polymer Modified Emulsions)	+	+	+	+	+	+
PMB – полимермодифицированное вяжущее (Polymer Modified Binders)	+	+	+	+	+	+
Bitumen Rubber – битум, модифицированный резиновой крошкой	+	+	+	+	+	+
Cutback – разжиженный битум (как правило дизельным топливом)	-	-	+	-	-	-



Рис. 11. Трещины, обработанные методом Crack Seal.

ность без использования дополнительного оборудования.

Сущность Fog Seal заключается в разбрызгивании битумной эмульсии. Как правило, Fog Seal используют после предварительно уложенной одиночной поверхностной обработки (Single Coat Seal) или горячей асфальтобетонной смеси, что позволяет избежать потери каменного материала на ранней стадии и продлевает жизнь покрытия за счет лучшего удерживания компонентов смеси в покрытии.

Для старых покрытий обычно рекомендуется Rejuvenation Seal, но если покрытие в хорошем состоянии, возможно использование и Fog Seal. Fog Seal целесообразно повторять через 2–4 года, в этом случае продление срока службы асфальтобетонного покрытия составляет 3–5 лет, если обработка выполнена своевременно и покрытие находилось в хорошем состоянии.

**Crack Seal.** Заключается в заполнении трещин различного происхождения на покрытии. Обычно Crack Seal используют при ширине раскрытия трещин от 7 до 15 мм, перед устройством других типов поверхностной обработки. Заполнение трещин осуществляется холодным или горячим способом.

При холодном способе используются эмульсии, обычно модифицированные латексом. Они пригодны для заливки мелких трещин. Горячая заливка трещин обычно осуществляется битумом с добавлением резиновой крошки. Crack Seal не используется при большом количестве трещин, поскольку в этом случае целесообразно применять другие виды обработки поверхности.

**Stress Absorbing Membrane.** Применение эмульсий, в качестве устройства стресс воспринимающих слоев, с последующим устройством или восстановлением верхних слоев, а также после или вместо фрезерования (там, где это возможно). Эмульсии, используемые при устройстве Stress Absorbing Membrane, модифицированы полимером, как правило, натуральным или синтетическим латексом. Однако, в отличие от полимермодифицированных эмульсий, где доля полимера доходит до 3–6 % от количества битума, в данном случае доля латекса может достигать 12–15 %, что не всегда можно достичь на эмульсионных установках, применяемых на сегодняшний день в России.

**Slurry Seal.** Является холодной эмульсионно-минеральной смесью, состоящей из каменного материала опре-

деленного гранулометрического состава, эмульсии, мелкозернистого наполнителя и добавок.

Различают три типа Slurry Seal. Тип I — самый мелкий по гранулометрическому составу и используется для парковок, аэропортов. Тип II — более крупного размера по гранулометрическому составу каменный материал, используется для всех видов работ, включая скоростные автомагистрали, дороги областного, республиканского, областного, местного значения. Тип III — самый крупный размер по гранулометрическому составу и используется на магистральных дорогах общегосударственного значения, скоростных трассах и промышленных зонах. Толщина слоя Slurry Seal составляет примерно от 1 до 1,5 величины камня максимального размера и ограничивается 8 мм (1,5 величины максимального размера камня). Открытие движения может быть произведено в период от 1 часа до 4 часов после окончания укладки.

Slurry Seal — это износостойкий слой, восстанавливающий дорожное покрытие и предохраняющий его от разрушений.

**Microsurfacing.** Это холодная эмульсионно-минеральная смесь, состоящая из каменного материала определенного гранулометрического состава, эмульсии, мелкозернистого наполнителя, добавок и является разновидностью Slurry Seal. Microsurfacing применяется там, где требуются более быстрое открытие движения автотранспорта, устранение колеиности или работа покрытия в экстремальных климатических условиях.

Основным отличием от Slurry Seal является то, что Microsurfacing является полимермодифицированным покрытием, что еще более повышает его износостойкость.

Как и в Slurry Seal, различают три типа Microsurfacing. Тип III Microsurfacing, в отличие от типа III Slurry Seal, используется также для заполнения колеи. В остальном использование типов одинаково. Применение Microsurfacing позволяет производить укладку более толстым слоем и в несколько слоев. Совокупная толщина слоев может доходить до 75 мм. Возможно использование и более крупных фракций, чем при устройстве покрытий Slurry Seal. Открытие движения может быть произведено в период от 30 мин до 1 часа после окончания укладки. В статье приведены основные виды обработки поверхностей покрытия, основанные на эмульсионных технологиях, которые могут применяться как самостоятельно, так и комбинированно, в зависимости от состояния покрытия, его возраста и особенностей его эксплуатации. Правильное использование эмульсионных технологий позволяет получить высокие показатели свойств дорожных покрытий, повысить их долговечность и создать гибкую, экономически выгодную систему содержания и ремонта автомобильных дорог.

