

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-2>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/105TVN216.pdf>

DOI: 10.15862/105TVN216 (<http://dx.doi.org/10.15862/105TVN216>)

Статья опубликована 12.05.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Андронов С.Ю., Трофименко Ю.А., Кочетков А.В. Технология производства холодного композиционного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №2 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/105TVN216.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/105TVN216

**УДК 625.7/.8**

**Андронов Сергей Юрьевич**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов  
Доцент кафедры «Транспортное строительство»  
Кандидат технических наук  
E-mail: atomic08@yandex.ru

**Трофименко Юрий Александрович**

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Россия, Саратов  
Аспирант кафедры «Транспортное строительство»  
E-mail: 9271107374@mail.ru

**Кочетков Андрей Викторович<sup>1</sup>**

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Россия, Пермь  
Доктор технических наук, профессор  
E-mail: soni.81@mail.ru

## **Технология производства холодного композиционного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом**

**Аннотация.** Предложена холодная технология производства холодного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом. Теоретически проанализированы процессы структурообразования асфальта. Исследованы основные дорожно-технические свойства холодного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом и способы их улучшения. Холодный щебеночно-мастичный асфальт с дисперсным битумом целесообразно применять для строительства и ремонта дорожных покрытий, эксплуатирующихся в условиях повышенных летних температур и транспортных нагрузок. Разработаны и запатентованы способы улучшения дорожно-технических свойств холодного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом: за счет замены части минерального порошка портландцементом; за счет применения составленных дисперсных органических вяжущих. Данные способы позволяют также ускорить структурообразование холодного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом для открытия движения транспорта по свежестроенному покрытию даже во II дорожно-климатической зоне.

---

<sup>1</sup> 410022, г. Саратов, ул. Азина, д. 38 «В», кв. 4

**Ключевые слова:** щебеночно-мастичный асфальт; колееобразование; асфальт с дисперсным битумом; асфальтобетон; асфальтобетонные смеси; мастика; вяжущее; эмульсия; дисперсный битум; щебень; каркасная структура

## Введение

Основное отличие *щебеночно-мастичного асфальта (ЩМА)* от обычного асфальта заключается в его жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала. Тем самым достигается существенное снижение деформаций келейности покрытия. ЩМА представляет самостоятельную разновидность асфальта, обеспечивающую в отличие от других типов смесей одновременно водонепроницаемость, сдвигоустойчивость и шероховатость верхнего слоя покрытия [1].

Этот материал был разработан в 60-х годах в Германии и в настоящее время нашел широкое применение во многих странах при устройстве верхних слоев дорожных покрытий. Зарубежные стандарты предусматривают более 10 марок горячих смесей ЩМА - в зависимости от максимальной крупности применяемого щебня. В России существует ГОСТ 31015-2002 [2], где регламентированы смеси ЩМА-10, ЩМА-15 и ЩМА-20, которые приготавливаются на основе щебня крупностью до 10, 15 и 20 мм. Данные смеси предназначены для устройства верхних слоев дорожных покрытий.

Процесс приготовления и укладки ЩМА смесей практически аналогичен традиционным горячим асфальтовыми смесям по ГОСТ 9128-2009 [3]. Спецификой смеси ЩМА является, в частности, более высокая, по сравнению с обычными асфальтовыми смесями, требуемая температура на выходе из смесителя – до 180°C [1]. Это связано, с одной стороны, с изменением реологических свойств по температурной чувствительности, а с другой - тем, что смесь укладывается, как правило, более тонкими слоями (3-5 см) в сравнении с обычными асфальтовыми смесями, поэтому склонна к быстрому охлаждению.

Температурный режим приготовления ЩМА смесей, так же как и традиционных горячих асфальтовых смесей требует больших затрат остродефицитной тепловой и электрической энергии, неизбежно сопровождается выбросом в атмосферу большого количества минеральной пыли, окислов азота, серы, углерода, канцерогенных углеводородов, наносящих ущерб окружающей среде, вызывающие профессиональные заболевания рабочих (астма, бронхит и др.). Известно также, что в горячих асфальтовых смесях на стадии их приготовления вяжущее уже стареет на 50-70%, что соответствует 7-10 летнему сроку эксплуатации покрытия [4].

## Постановка задачи

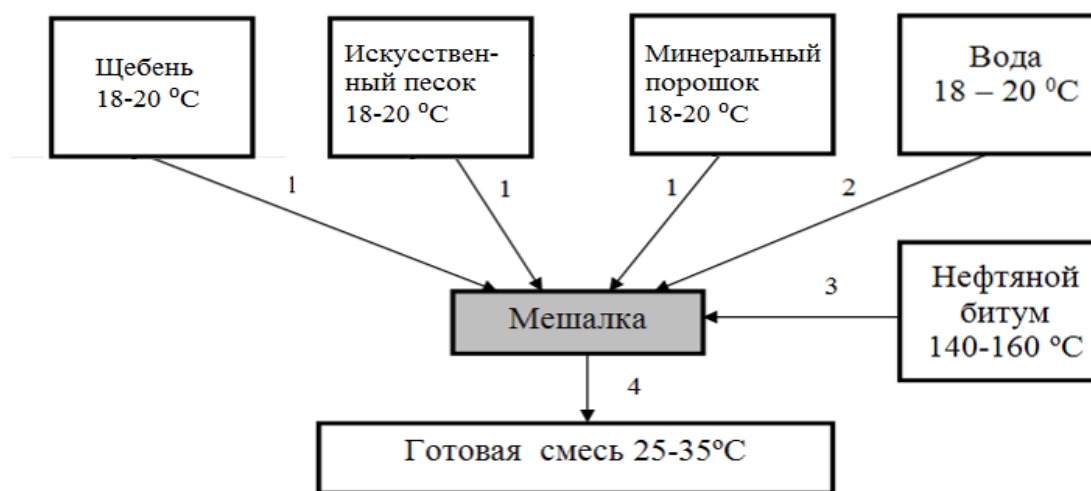
Одним из условий получения щебеночно-мастичной смеси является наличие в ней повышенного количества битума (в пределах 6,0 - 8,5%). Удорожает стоимость ЩМА необходимость применения специальных стабилизирующих добавок, предотвращающих стекание излишков вяжущего в ходе транспортирования и укладки. Добавки-стабилизаторы представляют собой гранулированные целлюлозные волокна с битумным покрытием. Более 90% стабилизаторов для ЩМА производится в Германии. Кроме того для введения гранул стабилизатора в смеситель асфальтобетонного завода (АБЗ) требуется дополнительное оборудование.

Альтернативой горячим асфальтовыми смесям являются смеси на битумных эмульсиях. Необходимость заблаговременного производства битумных эмульсий приготавливаемых с

использованием дорогостоящих поверхностно-активных эмульгаторов и оборудования эмульсионных баз, нередко зарубежного производства существенно удорожает производство асфальтов.

Предлагаемая технология холодного ЩМА с дисперсным битумом является дальнейшим развитием разработанной в СГТУ под руководством профессора Н.А. Горнаева и запатентованной [5] эффективной холодной технологии производства и применения асфальта с дисперсным битумом.

На рис. 1 представлена принципиальная технологическая схема приготовления щебеночно-мастичной асфальтовой смеси с дисперсным битумом. Минеральные составляющие естественной температуры и влажности подаются в мешалку. Одновременно вводится дополнительное количество воды, затем подается битум с рабочей температурой 140-150<sup>0</sup>С и перемешивание продолжается до полного диспергирования битума на глобулы размером обычно до 100 мкм. Готовая смесь практически холодная.



**Рисунок 1.** Схема приготовления холодной щебеночно-мастичной смеси с дисперсным битумом, 1-3 – последовательность операций (разработано автором)

Отличительной особенностью предлагаемой холодной технологии ЩМА с дисперсным битумом является образование в процессе перемешивания в объеме асфальтовой смеси прямой медленнораспадающейся битумной эмульсии на твердом эмульгаторе, роль которого могут выполнять обычно применяемые минеральные порошки. В результате получается асфальт на битумной эмульсии, без заблаговременного производства и применения эмульсии. Для создания каркаса устойчивого к сдвиговым деформациям от транспортной нагрузки в состав холодных щебеночно-мастичных смесей с дисперсным битумом вводится 70 - 80% щебня с улучшенной (кубовидной) формой зерен и 15-30% искусственного песка из отсевов дробления. Для снижения пористости слоя покрытия в состав холодного ЩМА с дисперсным битумом вводится 10 - 12% известнякового минерального порошка и не менее 6,5% вязкого нефтяного битума.

### Предлагаемое решение

Предлагаемая технология имеет ряд значимых достоинств: энергосбережение, так как отпадает необходимость высушивания и нагрева минеральных составляющих; ресурсосбережение, за счет исключения из технологической линии асфальтобетонного завода сушильного барабана, форсунки, топочного хозяйства, пылеуловительной установки, грохота, необходимости их обслуживания, снижения металлоемкости завода; экологическая

безопасность, так как, благодаря холодному и влажному приготовлению смесей, исключается выброс в атмосферу пыли, канцерогенных углеводородов и др.

При производстве холодной щебеночно-мастичной асфальтовой смеси не требуется добавка гранул стабилизатора и дополнительного оборудования для его введения в смеситель АБЗ.

Разрабатываемое под руководством Н.А. Горнаева в СГТУ научное направление «Технология холодных органоминеральных материалов с дисперсными органическими вяжущими» и разработки его учеников позволили теоретически обосновать процессы структурообразования в холодном ЩМА с дисперсным битумом с привлечением представлений физической химии с позиции термодинамики. Формирование структуры асфальта начинается в момент объединения всех составляющих, а заканчивается в покрытии, в ходе его эксплуатации.

Холодная щебеночно-мастичная асфальтовая смесь представляет собой гетерогенную необратимую систему открытого типа, протекающие в ней процессы происходят в направлении уменьшения суммарной избыточной поверхностной энергии, достижения устойчивого равновесия.

Скорость протекания этих процессов обуславливается составом, свойствами, температурами исходных материалов, погодными условиями. Важнейшими стадиями процессов структурообразования являются: смачивание водой минеральных составляющих, диспергирование и стабилизация битума; формирование битумной пленки; адгезия битума; уплотнение.

В холодной щебеночно-мастичной смеси с дисперсным битумом исключительно важное значение имеет вода. Являясь обязательной, незаменимой составляющей, она участвует и определяет характер взаимодействий на всех этапах процессов структурообразования и свойств асфальта.

Введение в минеральную смесь дополнительной воды лиофилизует систему и создает благоприятные условия для диспергирования вязкого нефтяного битума.

Диспергирование вязкого битума осуществляется в объеме увлажненной смеси через образование битумных нитей длиной до нескольких десятков миллиметров и их последующий распад на глобулы по достижении критической для данных условий толщины (температуры, содержание минерального порошка, воды и др.).

Стабилизация битумных глобул осуществляется через остаточный (ориентированный) слой воды по Б.В. Дерягину [6].

Формирование битумных пленок на поверхности минеральных частиц происходит в результате смачивания битумом воды, а затем по мере ее испарения и твердых поверхностей. Битумные пленки формируются тем быстрее, чем выше степень дисперсности битума и ниже его вязкость. Адгезия битума происходит через остаточный слой воды с последующей диффузией ПАВ битума (главным образом анионоактивных) на границу раздела.

Уплотнение зависит от содержания воды. В первый момент увлажненная смесь легко уплотняется за счет повышенного содержания воды. Однако, вода, заполняя все поры смеси и являясь практически несжимаемой препятствует уплотнению, поэтому холодный ЩМА имеет остаточную пористость 8-10% и согласно ГОСТ 9128-2009 [3] относится к пористым. Уплотнению способствуют особенности взаимодействия воды с гидрофильными составляющими смеси.

По мере испарения воды за счет песка и минерального порошка в смеси образуется большое количество заполненных водой тонких капилляров, возникающее при этом лапласовское давление стремится сблизить минеральные зерна. Вода за счет капиллярных сил проявляет как бы связующие свойства, что позволяет открывать движение транспорта по покрытиям из холодных органоминеральных смесей сразу после завершения работ.

Экспериментальные исследования проводились на холодных щебеночно-мастичных смесях с наибольшей крупностью щебня 10, 15 и 20 мм. Для приготовления смесей применялся нефтяной битум марки БНД 90/130, известняковый минеральный порошок марки МП-1, гранитный щебень марки 1200 и полученный из него искусственный песок. Компонентные и зерновые составы холодных щебеночно-мастичных смесей с дисперсным битумом подбирались аналогично щебеночно-мастичным смесям горячего приготовления в соответствии с ГОСТ 31015-2002 [2] и показаны в таблицах 1 и 2.

**Таблица 1**

**Компонентный состав холодной щебеночно-мастичной смеси с дисперсным битумом (разработано автором)**

Материал	Потребность в материале, % по массе		
	Наибольшая крупность зерен щебня, мм		
	10	15	20
Щебень фракций, мм:			
5-10	61	21	12
10-15	-	45	22
15-20	-	-	38
Песок из отсевов дробления	27	23	18
Минеральный порошок (в пересчете на частицы мельче 0,071 мм)	12	11	10
Битум (сверх 100% минеральной части)	7,0	6,5	6,0
Вода (сверх 100% минеральной части)	10	9	8

**Таблица 2**

**Зерновой состав холодной щебеночно-мастичной смеси с дисперсным битумом (разработано автором)**

Наибольшая крупность зерен щебня, мм	Размер зерен, мм, мельче									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
10	-	-	100	39	25	20	16	14	12	12
15	-	100	55	34	25	20	17	14	12	11
20	100	62	40	28	22	19	15	14	12	10

Холодные щебеночно-мастичные смеси приготавливались в лабораторной мешалке, изготовленной по типу серийно выпускаемых для АБЗ. Для исследования свойств холодного ЩМА с дисперсным битумом изготавливались стандартные цилиндрические образцы диаметром 71,4 мм, которые согласно ГОСТ 31015-2002 [2], уплотнялись прессованием в течение 3 минут под нагрузкой 40 МПа.

При подготовке к испытаниям образцы высушивались 12 часов при температуре 100°C. Такая методика воспроизводит условия формирования асфальта в покрытии и позволяет получать образцы со свойствами, близкими к свойствам образцов формировавшихся в естественных условиях. Образцы испытывались по методике ГОСТ 12801-98 [7] принятой для ЩМА горячего приготовления.

Степень дисперсности битума в холодной щебеночно-мастичной смеси оценивалась средним диаметром глобул и определялась на биологическом микроскопе с применением расчетного метода дисперсионного анализа И.А. Плотниковой [8]. Диспергирование битума происходит через вытягивание его в нити длиной до 30 мм с последующим распадом на глобулы средним диаметром до 80 мкм. Установлено, что для обеспечения достаточной степени дисперсности битума (до 100 мкм), а также свойств холодного щебеночно-мастичного асфальта в составе смеси должно содержаться 10-12% минеральных частиц мельче 0,071, вязкого нефтяного битума - 6-8%. Влажность смеси должна составлять 8 и 10% при содержании минерального порошка 10 и 12% соответственно.

По основным показателям ЩМА с дисперсным битумом удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015-2002 [2] к ЩМА горячего приготовления и требованиям ГОСТ 9128-2009 [3] ко второй марке горячего плотного асфальтобетона для II-V дорожно-климатических зон (табл. 3).

**Таблица 3**

**Основные физико-механические свойства холодного щебеночно-мастичного асфальта с дисперсным битумом (разработано автором)**

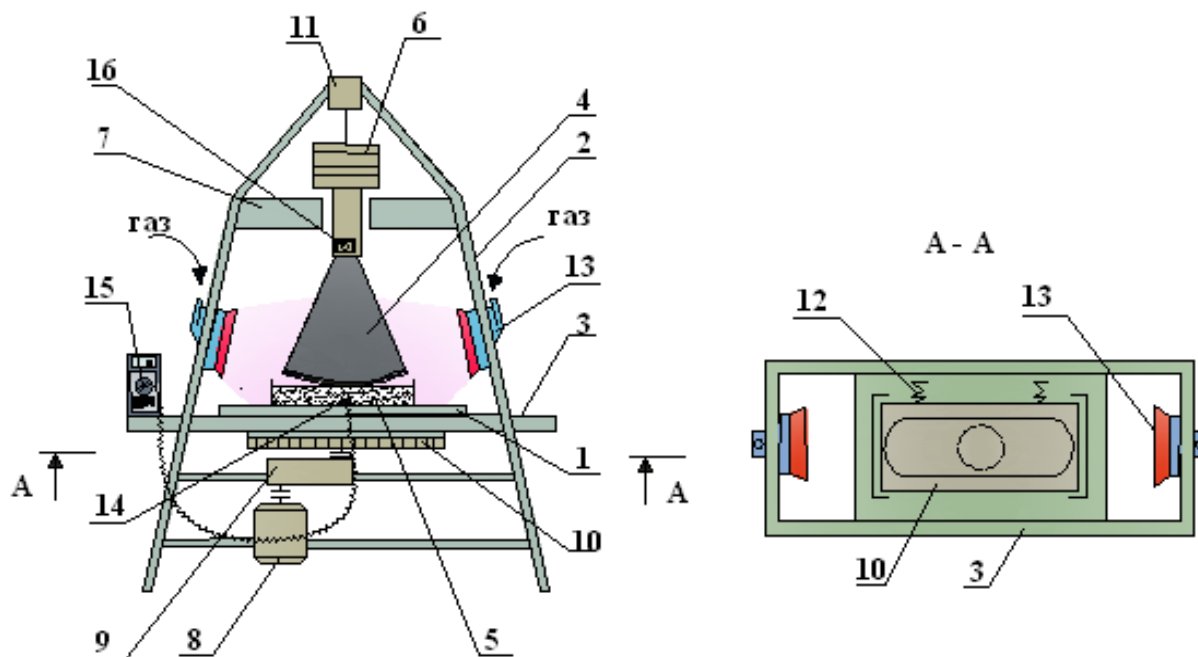
Наименование показателя	Значение показателя		
	Наибольшая крупность зерен щебня, мм		
	10	15	20
Пористость минеральной части, %	15	16	19
Остаточная пористость, %	9,9	9,3	8,2
Водонасыщение, % по объему	8,0	7,3	6,2
Предел прочности при сжатии, МПа, не менее:			
при температуре 20°C	2,1	2,3	2,6
при температуре 50°C	0,7	0,7	0,75
Сдвигоустойчивость:			
коэффициент внутреннего трения, не менее	0,92	0,93	0,94
сцепление при сдвиге при температуре 50°C, МПа, не менее	0,16	0,18	0,2
Трещиностойкость - предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0°C, МПа	3,5	4,0	4,5
Водостойкость при длительном водонасыщении, не менее	0,9	0,9	0,9

Водонасыщение соответствует пористым асфальтобетонам приближаясь к верхнему пределу показателя для горячего плотного асфальтобетона. Остаточная пористость на 1,5-4% больше водонасыщения, что объясняется закрытой тонкопористой структурой асфальта.

В настоящее время реакционная способность асфальта сопротивляться сдвиговым воздействиям оценивается по показателям угла внутреннего трения и сцепления при сдвиге. Эта методика основана на определении данных показателей под воздействием разрушающей нагрузки. Однако такой режим испытаний асфальтобетона не соответствует характеру его работы в покрытии, при котором он подвергается многократному воздействию нагрузки значительно меньшей, чем разрушающая, поэтому, основываясь на результатах, полученных данным способом, невозможно прогнозировать поведение исследуемых материалов во времени.

Вместе с тем существуют различные методы исследования накопления остаточных деформаций в асфальте, основанные на применении колесной нагрузки, хорошо зарекомендовавшие себя за рубежом. К недостатку этих методик можно отнести сложность конструкций данных приборов и относительно небольшое число приложений расчетной нагрузки.

С целью моделирования условий нагружения дорожного покрытия колесной нагрузкой в реальных условиях применялась специальная установка разработанная и запатентованная (А. с. № 1216012 [9]) в Саратовском политехническом институте. Общий вид установки схематично показан на рис. 2.



**1 - стол; 2 - рама; 3 - ползуны; 4 - обремененный рабочий орган; 5 - форма; 6 - груз;  
7 - вертикальные направляющие; 8 - электродвигатель; 9 - редуктор и цевочная передача; 10 - ведомое звено; 11 - лебедка; 12 - выжимное устройство; 13 - инфракрасные излучатели; 14 - термопара; 15 - мультиметр;  
16 - датчик линейных перемещений**

*Рисунок 2. Схема установки для моделирования условий нагружения дорожного покрытия (разработано автором)*

Установка состоит из смонтированного на раме (2) стола (1), перемещающегося в горизонтальной плоскости по ползунам (3), рабочего органа (4), выполненного в виде сектора с обремененной рабочей поверхностью, шарнирно закрепленного на грузе (6), помещенном в вертикальных направляющих (7), и формы (5) закрепленной на столе с помощью болтов. Привод стола выполнен в виде электродвигателя (8), редуктора (9) и цевочной передачи с внутренним зацеплением, ведомое звено (10) которой выполнено О-образным в плане и жестко закреплено на столе.

Смена направления движения стола с формой осуществляется автоматически. На раме смонтированы газовые инфракрасные излучатели ГИ-1,0 (13) с помощью которых при испытаниях можно задавать стабильную температуру асфальтовых образцов соответствующую летним температурам дорожного покрытия. Инфракрасные излучатели обеспечивают облучение образца по всей длине хода формы.

Для контроля температуры асфальтовых образцов во время испытаний в стенке формы установлена (с возможностью касания асфальтового образца) термопара (14) в виде биметаллической пластины, имеющая вывод на мультиметр Mastech M830 (15) с функцией определения температуры.

Регулирование температуры асфальтовых образцов производится с помощью газового регулятора (на рис. 2 не показан) за счет изменения количества газа поступающего к излучателям (13). На оси обрешиненного рабочего органа (сектора) устанавливался датчик линейных перемещений (16), для определения глубины пластической деформации (колеи).

Процесс накопления остаточных деформаций исследовался на ЦМА с дисперсным битумом с наибольшей крупностью зерен щебня 15 мм (состав см. табл. 1 и 2), ЦМА горячего приготовления по ГОСТ 31015-2002 [2] с добавкой стабилизатора VIATOR 66 – 0,4%, наибольшей крупностью зерен щебня 15 мм, содержание битума и минеральных материалов соответствует табл. 1. Также выполнялись сравнительные испытания мелкозернистого асфальтобетона горячего приготовления типа Б, I марки по ГОСТ 9128-2009 [3], приготовленного из тех же исходных компонентов.

Для испытаний изготавливались образцы размером 4×16×16 см. В форму загрузалась навеска смеси массой 2400-2600 г. (в зависимости от состава смеси). В форму устанавливался вкладыш и в течение 3 минут выполнялось уплотнение смеси на гидравлическом прессе под нагрузкой 40 МПа.

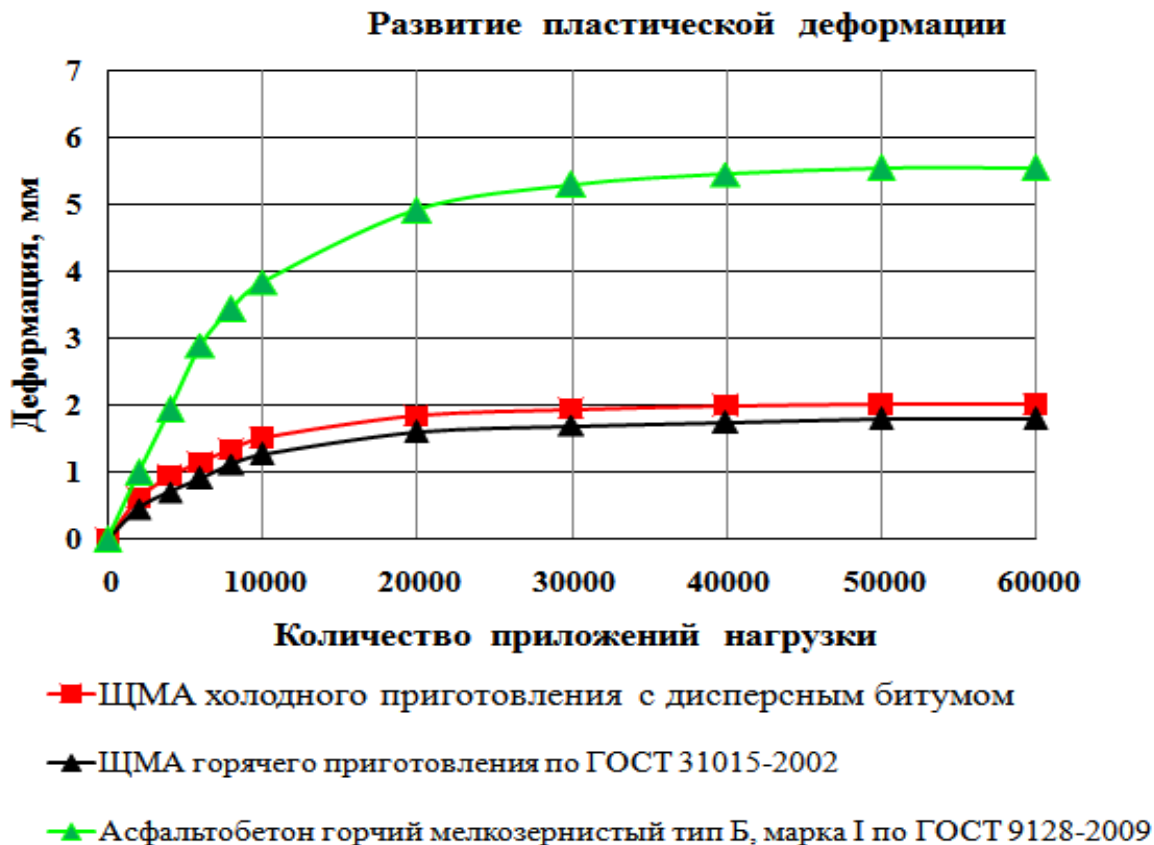
Установка для моделирования условий нагружения, показанная на рис. 2 позволяет задавать стабильный, воспроизводимый режим уплотнения при определенной температуре с заранее заданным контактным давлением на образец.

Опыты производились при контактном давлении на образец 0,6 МПа, что согласно ОДН 218.046-01 [10] соответствует предельному удельному давлению колеса автомобиля на покрытие. Поскольку летом в III-V дорожно-климатической зоне температура асфальтобетонного покрытия может достигать 50-80°C [11], в процессе исследований температура асфальтовых образцов составляла 60°C.

Формы с образцами закреплялись на столе установки. Асфальтовые образцы нагревались инфракрасными излучателями до температуры 60°C, которая в ходе эксперимента поддерживалась постоянной.

На поверхность образца с помощью лебедки опускался рабочий орган (обрешиненный сектор) и включался электродвигатель. После заданного количества нагружений определялись величины деформаций. Результаты исследований показаны на рис. 3.





*Рисунок 3. Зависимость величины пластической деформации асфальтов от количества нагружения (разработано автором)*

### Обсуждение результатов исследований

Анализ проведенных исследований показал, что интенсивность накопления остаточных деформаций в структуре ЩМА горячего приготовления и ЩМА с дисперсным битумом холодного приготовления практически одинакова.

Величина остаточной деформации (колея) исследованных асфальтов стабилизируется в среднем после 20000 приложений нагрузки и величина остаточной деформации ЩМА с дисперсным битумом в среднем в 2,5 раза меньше в сравнении с мелкозернистым асфальтобетоном типа Б горячего приготовления.

Выполненные расчеты [12] показывают, что общий народнохозяйственный эффект (складывающийся из экономического, экологического и социального эффектов) применения холодного щебеночно-мастичного асфальта составит не менее 50% в сравнении с ЩМА горячего приготовления.

Покрытие из холодного ЩМА с дисперсным битумом можно устраивать без уплотнения укаткой, подобно литому асфальту. Однако в отличие от литого асфальта, покрытие после испарения воды будет обладать высокой пористостью и, следовательно, пониженной водо- и морозостойкостью.

При необходимости эти недостатки могут быть нейтрализованы применением смесей с повышенным, как в литом асфальте содержанием битума. Особый эффект на стадии уплотнения дает применение вибрации. В результате виброуплотнения в асфальтовых смесях, отличающихся повышенным содержанием щебня (ЩМА) происходит компактное

расположение щебенки, их расклинивание, более равномерное распределение пастовой части, получение однородного материала. Все это почти полностью исключает дробимость щебня, при уплотнении укаткой.

Разработаны и запатентованы [5] способы улучшения дорожно-технических свойств холодного ЦМБ с дисперсным битумом: 1) за счет замены части минерального порошка портландцементом; 2) за счет применения составленных дисперсных органических вяжущих. Данные способы позволяют также ускорить структурообразование холодного ЦМБ с дисперсным битумом для открытия движения транспорта по свежестроенному покрытию даже во II дорожно-климатической зоне.

При введении в состав холодной щебеночно-мастичной смеси с дисперсным битумом 9% портландцемента марки 500 взамен части минерального порошка уже после пяти дней формирования прочностные и сдвиговые свойства соответствуют асфальту без добавки цемента после 28 суток формирования. Прочностные и сдвиговые свойства увеличиваются в среднем на 50%. Коэффициент водостойкости и водостойкости при длительном водонасыщении составляет 1,0.

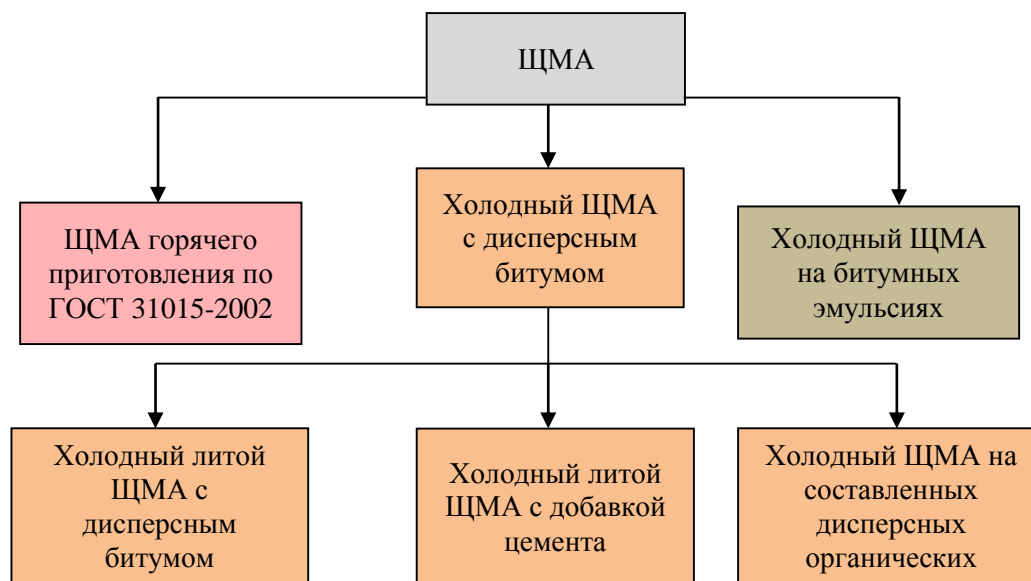
В составе холодных щебеночно-мастичных асфальтовых смесей составленные вяжущие применяются без их заблаговременного приготовления горячим способом. Два различных вяжущих с рабочими температурами одновременно, отдельно вводятся в увлажненные минеральные составляющие щебеночно-мастичной асфальтовой смеси и перемешиваются. В объеме асфальтовой смеси получают битумные эмульсии обоих органических вяжущих стабилизированные минеральным порошком.

Исследования динамики формирования холодного ЦМБ с дисперсным битумом, выполненные на образцах по показателям прочностных и сдвиговых свойств показали, что в сравнении с холодным ЦМБ на вяжущем только из нефтяного битума, применение вяжущего из нефтяного битума с добавкой каменноугольного дегтя Д-3 (20% общей массы вяжущего) ускоряет структурообразование асфальта в 1,5 раза.

Структурообразование ускоряется за счет увеличения скорости растекания битумной пленки.

Установлено, что с добавлением к битуму БНД 90/130 15% каменноугольного дегтя скорость растекания (формирования) битумной пленки увеличивается в 3 раза по сравнению с нефтяным битумом [12], что объясняется повышенным содержанием ПАВ в каменноугольном дегте.

Выполненные исследования позволяют сформулировать классификацию щебеночно-мастичных асфальтов, показанную на рис. 4.



**Рисунок 4.** Классификация щебеночно-мастичных асфальтов (разработано автором)

### Выводы

Разработаны и запатентованы [5] способы улучшения дорожно-технических свойств холодного ЩМА с дисперсным битумом: 1) за счет замены части минерального порошка портландцементом; 2) за счет применения составленных дисперсных органических вяжущих. Данные способы позволяют также ускорить структурообразование холодного ЩМА с дисперсным битумом для открытия движения транспорта по свежестроенному покрытию даже во II дорожно-климатической зоне.

Дополнительную литературу по теме исследования можно посмотреть в [13-16].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кирюхин Г.Н., Смирнов Е.А. Покрытия из щебеночно-мастичного асфальтобетона. - М.: ООО «Издательство "Элит"». 2009. 176 с.
2. ГОСТ 31015-2002 Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия.
3. ГОСТ 9128-2009 Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.
4. Силкин, В.В. Экологически чистые технологии для производства асфальтобетонных смесей / В.В. Силкин, Б.С. Марышев, В.М. Ольховиков // Строительная техника и технология. 2008. №4. – С. 30-33.
5. Пат. № 2351703 Российская Федерация. Способ приготовления холодной органоминеральной смеси для дорожных покрытий / Н.А. Горнаев, В.Е. Никишин, С.М. Евтеева, С.Ю. Андронов, А.С. Пыжов. Опубл. 10.04.09.
6. Дерягин, Б.В. Поверхностные силы / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. - М.: Наука. 1985. 398 с.
7. ГОСТ 12801-98 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
8. Ляпина, А.И. Анализ сопоставления графического и расчетного методов определения показателей дисперсности битумных эмульсий / А.И. Ляпина, И.А. Плотникова // Тр. СоюздорНИИ. 1977. №100. – С. 120-130.
9. А. с. 1216012 СССР, МКИЗ В 28 В 13/02. Устройство для уплотнения строительных смесей в форме / А. Ф. Иванов, А.В. Потапов, Н.А. Горнаев, И.В. Михайлов (СССР). – № 3834339; заявл. 30.12.84; опубл. 07.03.86, Бюл. №9. 3 с.
10. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд.
11. Бабков, В.Ф. Проектирование автомобильных дорог: учебник для вузов в 2 частях / В.Ф. Бабков, О.В. Андреев. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. Ч. 1. 368 с.
12. Андронов, С.Ю. Технология холодного вибролитого регенерированного асфальта [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Андронов С.Ю.; науч. рук. Н.А. Горнаев. - Волгоград, 2011. 194 с.
13. Стандартизация испытаний строительных, дорожных материалов и изделий / Челпанов И.Б., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В., Юшков Б.С. // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. 2011. №2. С. 57-68.
14. Статистические методы организации контроля качества при производстве дорожно-строительных материалов / Кочетков А.В., Васильев Ю.Э., Каменев В.В., Шляфер В.Л. // Качество. Инновации. Образование. 2011. №5 (72). С. 46-51.
15. Организационно-экономический механизм инновационной деятельности дорожного хозяйства / Аржанухина С.П., Сухов А.А., Кочетков А.В., Янковский Л.В. // Инновационный Вестник Регион. 2012. №4. С. 40-45.
16. Перспективы развития инновационной деятельности в дорожном хозяйстве / Кочетков А.В., Янковский Л.В. // Инновационный транспорт. 2014. №1 (11). С. 42-45.

**Andronov Sergey Yuryevich**

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Russia, Saratov  
E-mail: [atomic08@yandex.ru](mailto:atomic08@yandex.ru)

**Trofimenko Yuriy Alexandrovich**

Saratov state technical university of Gagarin Yu.A., Russia, Saratov  
E-mail: [9271107374@mail.ru](mailto:9271107374@mail.ru)

**Kochetkov Andrey Viktorovich**

Perm national research polytechnical university, Russia, Perm  
E-mail: [soni.81@mail.ru](mailto:soni.81@mail.ru)

## **The production technology of cold composite crushed-stone and mastic asphalt with disperse bitumen**

**Abstract.** The cold production technology of cold crushed-stone and mastic asphalt with disperse bitumen is offered. Asphalt structurization processes are theoretically analysed. The main road and technical properties of cold crushed-stone and mastic asphalt with disperse bitumen and ways of their improvement are investigated. It is expedient to apply cold crushed-stone and mastic asphalt with disperse bitumen to construction and repair of the pavings which are operated in the conditions of the increased summer temperatures and transport loadings.

Ways of improvement of road and technical properties of cold ShchMA with disperse bitumen are developed and patented: due to replacement of part of mineral powder with a portlandtsement; due to application of the made disperse organic knitting. These ways allow to accelerate also structurization of cold ShchMA with disperse bitumen for opening of traffic on a svezheustroyenny covering even in the II road and climatic zone.

**Keywords:** crushed-stone and mastic asphalt; the koleeobrazovaniye; asphalt with disperse bitumen; asphalt concrete; asphalt concrete mixes; mastic knitting; an emulsion; disperse bitumen; crushed stone; frame structure

## REFERENCES

1. Kiryukhin G.N., Smirnov E.A. Pokrytiya iz shchebenochno-mastichnogo asfal'tobetona. - M.: ООО «Izdatel'stvo "Elit"». 2009. 176 s.
2. GOST 31015-2002 Smesi asfal'tobetonnye i asfal'tobeton shchebenochno-mastichnye. Tekhnicheskie usloviya.
3. GOST 9128-2009 Smesi asfal'tobetonnye dorozhnye, aerodromnye i asfal'tobeton. Tekhnicheskie usloviya.
4. Silkin, V.V. Ekologicheski chistye tekhnologii dlya proizvodstva asfal'tobetonnykh smesey / V.V. Silkin, B.S. Maryshev, V.M. Ol'khovikov // Stroitel'naya tekhnika i tekhnologiya. 2008. №4. – S. 30-33.
5. Pat. № 2351703 Rossiyskaya Federatsiya. Sposob prigotovleniya kholodnoy organomineral'noy smesi dlya dorozhnykh pokrytiy / N.A. Gornaev, V.E. Nikishin, S.M. Evteeva, S.Yu. Andronov, A.S. Pyzhov. Opubl. 10.04.09.
6. Deryagin, B.V. Poverkhnostnye sily / B.V. Deryagin, N.V. Churaev, V.M. Muller. - M.: Nauka. 1985. 398 s.
7. GOST 12801-98 Materialy na osnove organicheskikh vyazhushchikh dlya dorozhnogo i aerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytaniy.
8. Lyapina, A.I. Analiz sopostavleniya graficheskogo i raschetnogo metodov opredeleniya pokazateley dispersnosti bitumnykh emul'siy / A.I. Lyapina, I.A. Plotnikova // Tr. SoyuzdorNII. 1977. №100. – S. 120-130.
9. A. s. 1216012 SSSR, MKI3 V 28 V 13/02. Ustroystvo dlya uplotneniya stroitel'nykh smesey v forme / A. F. Ivanov, A.V. Potapov, N.A. Gornaev, I.V. Mikhaylov (SSSR). – № 3834339; zayavl. 30.12.84; opubl. 07.03.86, Byul. №9. 3 s.
10. ODN 218.046-01 Proektirovanie nezhestkikh dorozhnykh odezhd.
11. Babkov, V.F. Proektirovanie avtomobil'nykh dorog: uchebnik dlya vuzov v 2 chastyakh / V.F. Babkov, O.V. Andreev. 2-e izd., pererab. i dop. – M.: Transport, 1987. Ch. 1. 368 s.
12. Andronov, S.Yu. Tekhnologiya kholodnogo vibrolitogo regenerirovannogo asfal'ta [Tekst]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.05 / Andronov S.Yu.; nauch. ruk. N.A. Gornaev. - Volgograd, 2011. 194 s.
13. Standartizatsiya ispytaniy stroitel'nykh, dorozhnykh materialov i izdeliy / Chelpanov I.B., Evteeva S.M., Talalay V.V., Kochetkov A.V., Yushkov B.S. // Transport. Transportnye sooruzheniya. Ekologiya. 2011. №2. S. 57-68.
14. Statisticheskie metody organizatsii kontrolya kachestva pri proizvodstve dorozhno-stroitel'nykh materialov / Kochetkov A.V., Vasil'ev Yu.E., Kamenev V.V., Shlyafner V.L. // Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie. 2011. №5 (72). S. 46-51.
15. Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm innovatsionnoy deyatel'nosti dorozhnogo khozyaystva / Arzhanukhina S.P., Sukhov A.A., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. // Innovatsionny Vestnik Region. 2012. №4. S. 40-45.
16. Perspektivy razvitiya innovatsionnoy deyatel'nosti v dorozhnom khozyaystve / Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. // Innovatsionnyy transport. 2014. №1 (11). S. 42-45.