

УДК 625.851

И.В.Кияшко, А.С.Минаков

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СЕГРЕГАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ НА СРОК СЛУЖБЫ ПОКРЫТИЙ НЕЖЕСТКОГО ТИПА

Рассмотрено влияние температурной сегрегации асфальтобетонной смеси при укладке и уплотнении, на однородность физико-механических показателей асфальтобетона по площади покрытия. Установлены факторы, которые приводят к образованию температурной сегрегации при транспортировании асфальтобетонной смеси. Обоснованы причины снижения долговечности асфальтобетонных покрытий, связанные с температурной сегрегацией.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, покрытие, температурная сегрегация, транспортировка, потери тепла, теплопроводность, пористость, асфальтоукладчик.

Рост интенсивности движения на автомобильных дорогах, повышение грузоподъемности транспортных средств и осевых нагрузок, увеличение скоростных режимов движения требует нового подхода к вопросам обеспечения долговечности дорожных покрытий. Опыт эксплуатации асфальтобетонных дорожных покрытий свидетельствует о том, что их эксплуатационное состояние в значительной степени обусловлено физико-механическими свойствами асфальтобетона, прежде всего его прочностью и долговечностью. Сложность и многообразие условий работы дорожных конструкций требуют высокого качества устройства покрытий из горячих асфальтобетонных смесей. Слои покрытия автомобильных дорог является наиболее ответственными в конструкции с позиции восприятия нагрузок от транспортных средств и разрушительного действия погодно-климатических факторов. Прочность и долговечность асфальтобетона зависит от однородности его структуры, процесс формирования которой очень сложный и требует учета разнообразных факторов: главные из них – температурные параметры асфальтобетонной смеси, технология укладки и режимы уплотнения [1]. Особенностью асфальтобетонной смеси является температурная зависимость всех технологических процессов устройства слоя, начиная с момента приготовления данной смеси в асфальтосмесительной установке, отгрузки смеси в кузов автосамосвала, перегрузки из автосамосвала в бункер асфальтоукладчика, укладки асфальтобетонной смеси и до окончания ее уплотнения.

Значительное влияние на обеспечение требуемых эксплуатационных параметров асфальтобетонного покрытия оказывает температура горячей смеси при укладке и уплотнении. Снижение коэффициента уплотнения асфальтобетонной смеси в зависимости от ее температуры при уплотнении представлено на рисунке 1 [2].

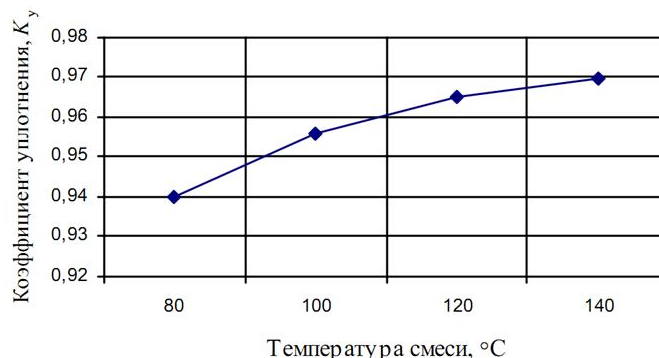


Рис. 1. Зависимость коэффициента уплотнения асфальтобетона от начальной температуры уплотнения смеси

Исходя из анализа литературных источников, одной из основных причин преждевременного разрушения асфальтобетонных покрытий является температурная сегрегация асфальтобетонной смеси, которая возникает при ее транспортировке из асфальтобетонного завода, перегрузке смеси из транспортного средства в бункер асфальтоукладчика и укладке ее в дорожную одежду [3].

Температурная сегрегация – это неравномерное распределение температуры смеси по ее объему, вследствие чего при укладке слоя дорожной одежды возникают зоны с пониженной температурой или градиентом температур.

Нарушение однородности структуры асфальтобетонных слоев по плотности при строительстве, в процессе эксплуатации обуславливает появление и накопление внутренних напряжений под действием транспортных нагрузок и факторов окружающей среды, вследствие чего происходит преждевременное образование трещин, выбоин и других разрушений на дорожном покрытии [4].

Для высококачественной укладки асфальтобетонной смеси в слой дорожной одежды необходимо, чтобы температура этой смеси была примерно одинакова по объему, иначе плотность смеси при укладке и уплотнении будет значительно отличаться [5]. Градиент температур в объеме смеси перед ее укладкой должен быть минимальным. Низкая теплопроводность асфальтобетонной смеси приводит к тому, что сегрегированная смесь в процессе укладки не прогревается до равномерной температуры. В результате образуются участки, которые имеют температуру значительно меньше, чем общая температура покрытия. При увеличении температурной неоднородности возникает вероятность получения недоуплотненных участков покрытия, подверженных повышенному водонасыщению, характеризующихся пониженной прочностью и сдвигоустойчивостью. Такие дефектные участки разрушаются гораздо быстрее, особенно при переходе температур окружающего воздуха через 0 °С, за счет проникновения влаги в поры асфальтобетона в которых она замерзает. В результате, вода увеличивается в объеме, что и приводит к разрушению покрытия.

Экспериментально установлено, что достигаемая при уплотнении плотность асфальтобетона не зависит от типа смеси, а в значительной степени зависит от начальной температуры при ее уплотнении [2]. Температурная неоднородность асфальтобетонной смеси, при уплотнении приводит к варьированию показателей, таких как коэффициент уплотнения, плотность, водонасыщение характеризующие качество асфальтобетонного покрытия [6]. Величинами, характеризующими плотность, являются водонасыщение и пористость асфальтобетона. Установлено, что снижение пористости на 1 % повышает усталостную долговечность асфальтобетонного покрытия на 10–30 % [7]. Увеличение коэффициента уплотнения на 0,01 в пределах 0,98–1,00 равноценно увеличению толщины слоя покрытия на 5–10 мм [8].

Исходя из выше изложенного важно температурную сегрегацию асфальтобетонной смеси свести к минимуму, чтобы перед укладкой разница температур была незначительной. Одним из путей решения данной задачи является минимизация температурной сегрегации на этапе транспортировки асфальтобетонной смеси от завода к месту укладки [9].

Транспортирование материалов при устройстве слоев дорожного покрытия занимает важную часть строительного процесса. Во время транспортировки горячих асфальтобетонных смесей происходят сложные процессы взаимодействия материала с окружающей средой. Физическая природа процессов, которые вызывают температурную сегрегацию до настоящего времени изучена недостаточно, вследствие влияния на ее возникновение большого количества разнообразных факторов. С момента загрузки смеси в кузов автосамосвала начинается активная потеря тепла, которая зависит от многих факторов, таких как: температура смеси при загрузке в автосамосвал; температура окружающей среды; скорость и направление ветра при транспортировке смеси; влажность воздуха; наличие термоизоляции кузова и его подогрева; размер кузова по отношению к количеству смеси, которая перевозится и его геометрических параметров; расстояния и скорости перевозки; времени задержки в пути; времени ожидания до укладки; теплофизических свойств смеси и другие [10].

При транспортировке асфальтобетонной смеси за счет отдачи тепла в окружающую среду и стенкам кузова автосамосвала происходит снижение температуры на ее поверхности (рис.2), что приводит к неравномерности распределения температуры по объему смеси при ее разгрузке и укладке в дорожное покрытие [11].



Рис. 2 . Потери тепла из кузова автосамосвала в окружающую среду

В пути следования самосвала от асфальтобетонного завода к месту укладки, асфальтобетонная смесь в кузове остывает неравномерно (рис. 3). Смесь, которая находится на поверхности, а также контактирует с дном и бортами кузова автосамосвала, особенно задним бортом остывает быстрее, чем внутри объема смеси.



Рис. 3. Неравномерность остывания смеси в кузове автомобиля

Термомеханический процесс перемещения асфальтобетонной смеси из кузова автосамосвала в приемный бункер асфальтоукладчика и укладка выгруженной смеси в покрытие протекают следующим образом: смесь от заднего борта первой попадает в приемный бункер асфальтоукладчика. Далее питатель асфальтоукладчика подает смесь к шнековой камере, которая распределяет ее по ширине полосы укладки. Сразу за смесью от заднего борта попадает в бункер и основная горячая масса, а за ней более остывшая смесь от боковых и переднего бортов самосвала. Процесс повторяется при разгрузке следующего самосвала.

Измерение температуры асфальтобетонной смеси, уложенной в дорожное покрытие асфальтоукладчиками, показало, что в зависимости от дальности транспортировки и применяемого способа доставки горячей смеси автосамосвалами образуются участки с пониженной температурой смеси (рис.4). Разница по температуре на таких участках может достигать 30-35 °С, что приводит к получению разных физико-механических показателей асфальтобетона в покрытии, прежде всего за счет разницы коэффициентов уплотнения, при этом данный факт является причиной образования дефектов в процессе эксплуатации в виде разрушения отдельных участков покрытия.

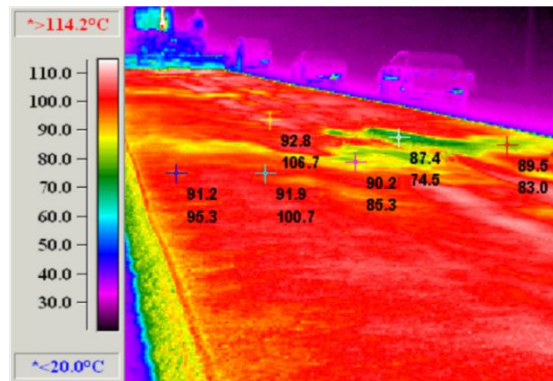


Рис. 4. Инфракрасное изображение уложенной асфальтобетонной смеси в покрытие с неоднородностью температур по площади

Анализ выполненных исследований показал, что если температура локального участка асфальтобетонной смеси в покрытии всего на 14 °С меньше средней температуры смеси, которая укладывается асфальтоукладчиком, то после уплотнения в районе этого участка пористость асфальтобетона более чем на 2 % выше средней, т.е. при средней пористости асфальтобетона в покрытии 5 %, в зоне «холодного пятна» будет больше 7 %, что при дальнейшей эксплуатации данного участка покрытия приведет к преждевременному появлению локальных повреждений [12].

Следует также учесть, что для транспортировки горячих смесей часто используют бортовой транспорт общего назначения. Это способствует повышению интенсивности охлаждения смеси и уменьшает время пребывания смеси в заданном температурном интервале. Для снижения температурной сегрегации асфальтобетонной смеси в кузове транспортного средства, доставленного к месту укладки, необходимо теплоизолировать кузов автосамосвала и укрывать его тентом (пологом) для предотвращения обдува асфальтобетонной смеси ветром, уменьшить время транспортирования и простоя автосамосвала перед выгрузкой смеси. Также для снижения температурной сегрегации асфальтобетонной смеси применяют мобильные перегружатели, которые являются промежуточным звеном в технологической цепочке между кузовом автосамосвала и приемным бункером асфальтоукладчика (рис. 5), обеспечивающие равномерное распределение температуры по всему объему горячей смеси, за счет принудительного перемешивания асфальтобетонной смеси в бункере перегружателя. Кроме того, данные устройства обеспечивают равномерную загрузку бункера асфальтоукладчика, предотвращают непосредственный контакт транспортного средства с асфальтоукладчиком, что предотвращает удары и толчки асфальтоукладчика при их загрузке автосамосвалами. Применение такой технологии в устройстве асфальтобетонных покрытий способствует повышению ровности уложенного покрытия и его срока службы.

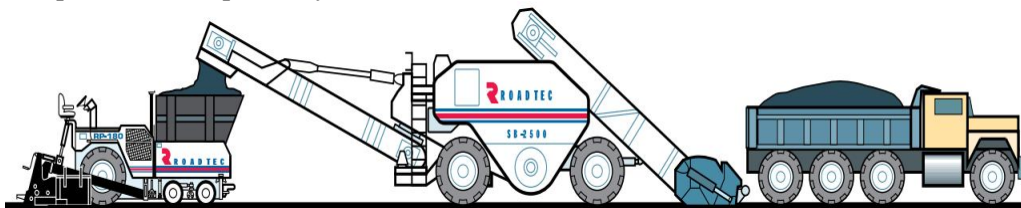


Рис. 5 .Перегружатель Shuttle Buggy (SB-2500), фирмы Roadtec в технологической цепочке укладки асфальтобетонного слоя дорожной одежды

Температура горячей асфальтобетонной смеси при отгрузке потребителю регламентирована и зависит от марки битума. Известно, что для каждой марки битума существуют наиболее эффективные температурные интервалы, в пределах которых можно достигнуть необходимой плотности после уплотнения смеси в покрытии. В зависимости от марки битума предусмотрены различные нормируемые температурные режимы асфальтобетонной смеси в начале ее уплотнения, [13] (табл. 1), что позволяет определить граничное время транспортировки смеси, исходя из необходимости обеспечения минимальной температуры асфальтобетонной смеси в начале уплотнения.

Таблица 1

## Температура асфальтобетонных смесей в начале уплотнения [13]

Класс смеси	Марка битума	Температура, °С, в начале уплотнения асфальтобетонных смесей	
		с содержанием щебня более 45 % по массе	с содержанием щебня менее 45 % по массе
Горячая	БНД 40/60	150-155	130-140
	БНД 60/90	145-150	115-130
	БНД 90/130	135-145	105-115
	БНД 130/200	120-135	90-105

Снижение температурной сегрегации на этапе транспортирования асфальтобетонной смеси с целью обеспечения однородной структуры асфальтобетонных слоев, особенно дорожных покрытий для продления срока службы дорожных одежд является перспективной и актуальной задачей.

## Выводы:

– На автомобильных дорогах Украины преобладают дорожные конструкции с асфальтобетонным покрытием. Качество их устройства зависит не только от состава асфальтобетонных смесей, но и от соблюдения температуры укладки и уплотнения.

– Анализ исследований выполненных в данном направлении свидетельствуют о том, что температура асфальтобетонной смеси при ее укладке не всегда одинакова, что приводит к варьированию плотности по площади покрытия при использовании даже одинаковых средств и технологий уплотнения. Температурная неоднородность асфальтобетонной смеси принимается, как следствие влияния температурной сегрегации.

– Повышение однородности физико-механических свойств уложенного асфальтобетона по площади приводит к увеличению срока службы слоев дорожного покрытия.

– Температурная сегрегация асфальтобетонной смеси обусловлена воздействием погодноклиматических факторов (осадков, ветра, температуры воздуха, влажности, солнечной радиации и т.д.) при разной теплопроводности контактирующих сред в системе: асфальтобетонная смесь – кузов транспортного средства – защитные средства.

– Для снижения уровня температурной сегрегации и повышения температурной однородности асфальтобетонной смеси необходимо разработать эффективные меры, по совершенствованию организации транспортной работы, а также техническое совершенствование транспортных средств с целью их теплоизоляции.

1. Совершенствование технологии уплотнения асфальтобетонных покрытий с целью повышения прочности и долговечности / М.С. Стороженко // Вестн. ХНАДУ. – 2008. – Вып. 40. – С. 99-101.
2. Васильев А.П. Строительство и реконструкция автомобильных дорог. СЭД / А.П. Васильев и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. – М.: Информавтодор, 2005. – Т. 1. – 207 с.
3. Brock J.D. Temperature Segregation. Temperature Differential Damage: Technical Paper T-134 / Brock J.D., Jakob H. – ASTEC Industries Inc. Chattanooga, USA, 1998. – pp. 23.
4. Семенов В. А. Качество и однородность автомобильных дорог / Семенов В.А. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.
5. Леонович И.И. Программный комплекс для исследования температурной сегрегации в асфальтобетонной смеси / Леонович И.И., Ковальчук А.С., Пумпур В.А. – Ukio technologinis ir ekonominis vystymas. 2005. – Vol XI, №4, С. 297 – 301.
6. Гезенцев Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцев. – М.: Транспорт, 1976. – 32 с.
7. Руденский А.В. Способы повышения эксплуатационной надежности дорожных битумов и асфальтобетонов / А.В. Руденский // Обзорная информация. – М.: Госхимиздат, 1981. – Вып. 4. – 48 с.
8. Костельов М.П. Технологические особенности и параметры уплотнения горячего асфальтобетона гладковальцевыми катками / М.П. Костельов, Я.М. Посадский // Труды СоюздорНИИ "Уплотнение земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд". – М., 1980. – С. 72 – 91.

9. Леонович И.И. Содержание и ремонт автомобильных дорог. Ч.2. Технология и организация дорожных работ / Леонович И.И. – Минск: БНТУ, 2003. – 470 с.
10. Вознесенский В.А. Однородность как критерий оценки качества бетона / Вознесенский В.А., Должинков Ю.П., Ламин В.Г. – Кишинев, 1967. – 239 с.
11. Зубков А.Ф. Технология устройства покрытий нежесткого типа из асфальтобетонных горячих смесей: учеб. Пособие / А.Ф. Зубков, К.А. Андрианов, Т.И. Любимова. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 80 с.
12. Радовский Б.С. Сегрегация асфальтобетонных смесей и методы борьбы с ней в США // Дорожная техника. Каталог-справочник. – 2007. – С. 26-40.
13. Смесей асфальтобетонные и асфальтобетон дорожный и аэродромный: ДСТУ Б В.2.7-119-2003. – [Действителен от 2003-02-25]. – К.: Госстрой Украины, 2003. – 45 с. – (Государственный стандарт Украины).