

дорогам Российской Федерации: Постановление правительства Российской Федерации от 9 января 2014 г. № 12. М.

4. Усталостная долговечность эксплуатируемых асфальтобетонных покрытий / Е.В. Углова, С.К. Илиополов, М.Г. Селезнев. Ростов н/Д: РГСУ, 2009. 244 с.

УДК 625.089.23

Д.В. Репников, С.А. Чудинов  
(D.V. Repnikov, S.A. Chudinov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ  
ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ  
(MODERN TECHNOLOGIES FOR OBTAINING  
WARM ASPHALT CONCRETE MIXTURES)**

*Представлены основные особенности и эффективность современных технологий получения теплых асфальтобетонных смесей для строительства покрытий дорожных одежд автомобильных дорог.*

*The main features and efficiency of modern technologies for producing warm asphalt concrete mixes in the road pavement construction are presented.*

Теплые асфальтобетоны – это общий термин, охватывающий множество технологий, позволяющих производить, транспортировать, укладывать и уплотнять асфальтобетонные смеси при более низких чем предусмотрено для обычных (горячих) смесей температурах [1].

В ГОСТе 9128-84, действовавшем до 1998 года, была изложена классификация асфальтобетонных смесей с упоминанием теплых смесей, от которых в дальнейшем отказались и забыли. Ранее теплыми считались смеси, приготовленные на вязких или жидких битумах, при работе с которыми достичь необходимой плотности асфальтобетонных покрытий при пониженных температурах было невозможно, поэтому доуплотнение происходило в процессе эксплуатации под давлением колес транспорта, с частым образованием колеи и наплывов. Смеси такого же типа, называвшиеся plant mixes, применяли и в США с 1920-х, но впоследствии от них отказались, поскольку необходимость обеспечения высокой плотности асфальтобетона до открытия движения по дороге стала очевидной.

Современная технология получения теплых асфальтобетонов основывается на применении физических и химических процессов, снижающих вязкость или изменяющих структуру битума.

Первым способом приготовления теплых асфальтобетонных смесей является вспенивание битума. Есть несколько технологий вспенивания битума: вспенивание битума водой и механическое вспенивание битума (добавление различных добавок). Вспенивание битума водой считается наиболее экономически эффективными, т. к. в качестве добавки к битуму выступает вода, которая является легкодоступной. Механическое вспенивание битума получается при введении в битум органических пластифицирующих добавок на основе воска или парафина. Использование органических добавок приводит к снижению температуры плавления битумов, что позволяет производить смеси при более низких температурах.

### *Одностадийная технология*

По этой технологии щебень нагревают до 130 °С и обрабатывают битумом, добавляют холодный влажный песок и вводят минеральный порошок. После добавления песка битум вспенивается. Температура смеси на выходе из смесителя – 90 °С.

### *Двухстадийная технология WAM-Foam*

Она была разработана совместно известной английской компанией Shell International Petroleum Company Ltd. и норвежской компанией Kolo-Veidekke. На первой стадии вводят менее вязкий битум, который перемешивают с каменным материалом при 110–120 °С, и достигается полное покрытие зерен. На второй стадии более вязкий битум во вспененном состоянии перемешивают с предварительно обработанным каменным материалом. Пена образуется в результате быстрого испарения холодной воды, введенной в нагретый вязкий битум в момент его введения в смесь. В некоторых случаях рекомендуют на первой стадии дополнительно вводить добавку, улучшающую сцепление битума с каменным материалом. Для использования этой технологии требуется модернизация смесителя [2].

### *Технология Sasobit*

Эта технология была предложена компанией Sasol Wax. Технология позиционируется на введении в битум добавки на основе парафина. Sasobit – это синтетический парафиновый воск, мелкокристаллический алифатический углеводород, получаемый путем газификации угля или природного газа (метана). Парафиновый воск Sasobit характеризуется преобладающей длиной углеводородных цепей в диапазоне от 40 до 115 атомов углерода.

Для сравнения: у содержащихся в битумах парафинов длина этих цепей – 22–45 атомов углерода. Sasobit при температуре выше 120 °С полностью растворяется в битуме. При температуре же ниже 102 °С он

образует в битуме кристаллообразную сетчатую структуру. Добавка Sasobit от 1 до 3 % по массе битума снижает его вязкость, что позволяет понизить температуру приготовления смеси на 18–50 °С. Улучшается также уплотняемость смеси [2].

Второй способ приготовления теплых асфальтобетонных смесей основан на введении добавок в битум и является самой распространенной технологией приготовления теплых асфальтобетонных смесей, поскольку она является самой простой и не требует затрат на модернизацию оборудования.

Химические добавки при введении в битум изменяют структуру вяжущего, что позволяет снизить температуру производства и укладки асфальтобетонной смеси примерно на 40–60 °С. Также такого рода добавки выступают как активатор активной адгезии в асфальтобетонной смеси. Иными словами, способности вяжущего вытеснять влагу с границы раздела фаз битум – каменный материал, что позволяет использовать их для снижения рисков по наличию остаточной влаги во вспененных низкотемпературных смесях.

По принципу действия добавки условно разделяются на разжижители и модификаторы. Разжижающие добавки снижают начальную вязкость битума и увеличивают скорость ориентации молекул, что связано с увеличением дисперсной среды в объеме вяжущего. Тогда как модифицирующие добавки должны не значительно влиять на начальную вязкость битума, но способствовать увеличению скорости ориентации молекул ПАВ и вяжущего при меньшей сдвиговой нагрузке, что обеспечивает лучшее уплотнение асфальтобетона в покрытии при более низких температурах. При этом не будет происходить уменьшение толщины пленок битума на зернах минерального материала в отличие от разжижающих добавок.

На отечественном рынке химических добавок для производства теплых асфальтобетонных смесей наиболее распространенными являются:

- «Адгезол 3-ТД» (ООО «Базис»);
- «Азол 1007» (Котласский химический завод);
- Сесабаз RT 945;
- Сесабаз RT Bio (Arkema);
- «ДАД-ТА» и «ДАД-ТА2» (ООО «Селена»);
- «Дорос-Т» (ООО «Дорос»);
- «Амдор ТС-1» (ООО «Уралхимпласт-Амдор»);
- Evotherm 3G (MeadWestvaco INC);
- Rediset LQ (AkzoNobel).

Эффективность таких добавок определяется способностью обеспечивать технологичность асфальтобетонной смеси при уплотнении при более низких температурах (в ряде случаев до 80 °С), увеличивать

пластичность вяжущего с сохранением физико-механических свойств асфальтобетонов [3].

Тем не менее эти технологии связаны с высокими первоначальными затратами на оборудование, ограничены нижним порогом температурного режима работ, обусловленного температурой конденсации водяного пара и требуют серьезного технологического контроля при применении.

Применение теплых асфальтобетонных смесей позволит увеличить строительный сезон за счет устройства покрытий при низких температурах (до  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), увеличить радиус транспортирования асфальтобетонной смеси при сохранении ее уплотняемости и качества асфальтобетона, уменьшить энергозатраты АБЗ на производство асфальтобетонных смесей, а также уменьшить вредные выбросы за счет понижения температуры выпускаемой смеси.

### *Библиографический список*

1. ОДМ 218.2.042-2014. Теплые асфальтобетонные смеси. Рекомендации по применению: методич. рекомендации: распоряжение Федерального дорожного агентства от 30.04.2014 г. № 847-р.
2. Радовский Б.С. Технология нового теплого асфальтобетона в США // Дорожная техника. 2008. С. 56–60.
3. Теплый асфальтобетон / Селена. URL: <https://www.npfselena.ru/technologies/warm-asphalt-concrete/>.

УДК 628.941

О.Н. Савченкова, С.А. Чудинов  
(O.N. Savchenkova, S.A. Chudinov)  
УГЛТУ, Екатеринбург  
(USFEU, Ekaterinburg)

### **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ (ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES OF ROAD ARTIFICIAL LIGHTING)**

*Рассмотрена современная энергосберегающая технология на основе системы автономного искусственного освещения автомобильных дорог. Представлен принцип работы, оборудование и основные преимущества систем автономного освещения.*

*The modern energy-saving technology based on autonomous artificial lighting of roads is considered. The principle of operation, equipment and the main advantages of autonomous lighting systems are presented.*