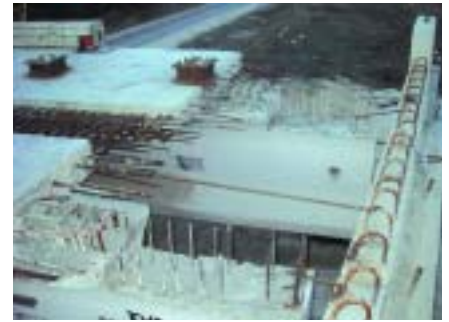


Надежность асфальтобетонных покрытий автомобильных магистралей

С.И. ДУБИНА,

заместитель начальника Автодорожного управления Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, к.т.н., профессор ГТУ

При проектировании и строительстве автомобильных магистралей важно обеспечить надежность асфальтобетонных покрытий при последующей эксплуатации. То есть — способность обеспечивать движение транспортных средств с заданными интенсивностью, нагрузками и расчетными скоростями, с изменением основных параметров физико-механических свойств (водонасыщения, пористости, водостойкости, прочностных и деформационных характеристик покрытия, его ровности и шероховатости) в установленных нормативными документами пределах при определенных условиях содержания и ремонта.



На стадии проектирования асфальтобетонного покрытия обеспечивается его проектная надежность и рассчитывается толщина конструктивных слоев. При этом проектировщиком должны решаться следующие задачи:

- установление фактических нагрузок от транспортных средств и воздействий природно-климатических факторов, принимаемых за основу классификации режима эксплуатации;
- улучшение расчетных характеристик асфальтобетона, соответствующих его работе в покрытии, применительно к заданному режиму эксплуатации;
- расчет (подбор) составов асфальтобетона;
- разработка устройств и экспресс-методов определения основных физико-механических свойств асфальтобетона и его компонентов;

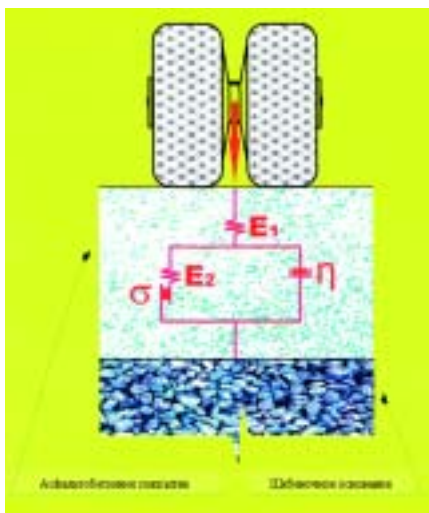
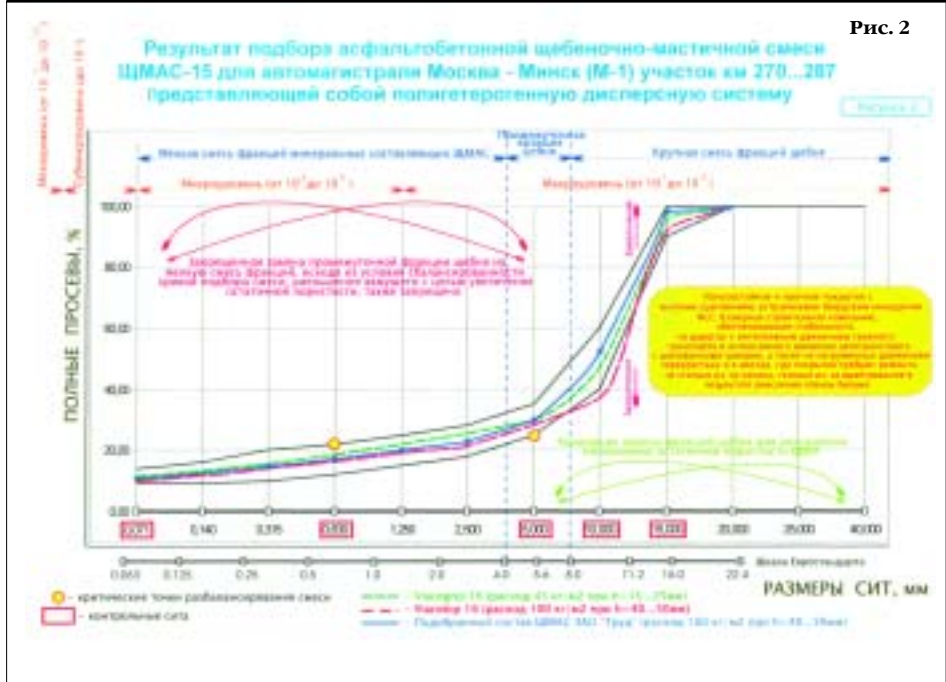


Рис. 1. Упруговязкопластичная среда и ее реологическая модель

E_1 — модуль упругости тела Гука;
 E_2 — модуль упругости тела Фойгта — Кельвина;
 η — вязкость;
 σ — предел текучести (пластический элемент тела Шведова — Бингама).

Структурная формула:

$$H - \{ (H - St - V) \parallel \eta \}$$

H — упругий элемент (пружина Гука);
 $St - V$ — пластический элемент (элемент трения Сен-Венана);
 N — вязкий элемент (амортизатор Ньютона);
 Символ «—» означает последовательное соединение элементов;
 Символ « \parallel » означает параллельное соединение.

- выбор и обоснование реологических моделей упруговязкопластичной среды для описания деформирования асфальтобетона с учетом заданного режима эксплуатации (рис. 1);
- разработка методики имитационного моделирования процессов деформирования асфальтобетона с учетом воздействия факторов внешней среды;
- разработка паспорта качества асфальтобетона и передача информации на АБЗ для производства асфальтобетонной смеси (рецепты, основные технологические требования о времени перемешивания смеси — для циклических смесителей, температуры приготовления смеси и т.д.) и в линейные подразделения

для обеспечения надлежащего качества работ при ее укладке и уплотнении.

Вид и тип плотного асфальтобетона для верхних слоев покрытий назначаются в зависимости от технической категории дороги и специфических условий их работы в конкретной дорожно-климатической зоне. При этом очень важной задачей является учет микро- и мезоуровневой полигетерогенной дисперсной системы асфальтобетона, в полной мере отвечающей природно-климатическим условиям и транспортно-эксплуатационным требованиям, предъявляемым к строящейся дороге.

Чтобы обеспечить более высокий коэффициент сцепления шин автомобиля с поверхностью покрытия и увеличить его сдвигоустойчивость, верхний слой покрытия устраивают из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА), способного противостоять большим нагрузкам от транспортных средств, обеспечивая при этом необходимую ровность и длительный срок службы (рис. 2).

Следует иметь в виду, что устойчивая структура различных видов асфальтобетона определяется прежде всего энергетическими связями на поверхности раздела его твердых и жидких составляющих.

Здесь очень важно понять, что последняя предопределяется прежде всего структурой битума, особенностями взаимодействия составляющих асфальтобетон минеральных материалов с битумом, плотностью асфальтобетона и особенностями его капиллярно-поровой структуры.

При этом под структурой битума понимаются особенности его распределения в асфальтобетоне, характеризующие соотношением свободного и адсорбированного битума, и сам характер строения его пленок на поверхности минеральных зерен. А бинарная система, состоящая из битума и минерального порошка, представляющая собой асфальтовязущее вещество, образует микроструктуру асфальтобетона. Вот поэтому изначально проектировщику очень важно предопределить



структуру минерального остова (под которой понимается размер, форма, характер поверхности и относительное расположение минеральных частиц), адгезионных способностей битума к его поверхности, однородность распределения пленок асфальтовязущего вещества и соотношение в микроструктуре асфальтобетона между битумной дисперсионной средой и твердой фазой — минеральным порошком.

Исходя из этих важных предпосылок создания прочной структуры асфальтобетона, обеспечивающих его надежную работу в соответствующих природно-климатических условиях, остановимся лишь на основных положениях, которыми следует пользоваться при подборе состава асфальтобетона.

1. Составляющие макро- и микроуровней (рис. 2) зернового состава минеральной части асфальтобетона должны обеспечить его оптимальную плотность, а в случае необходимости — и повышенную шероховатость. Всегда нужно стремиться к тому, чтобы макроуровневая составляющая зернового состава (крупная, промежуточная и часть мелкой) была представлена узкими фракциями щебня и, частично, отсевами дробления, обеспечивающих подбор минеральной части асфальтобетона по принципу непрерывной granulometрии и получение стабильного (однородного) состава выпускаемой асфальтобетонной смеси. В условиях тяжелого и интенсивного движения автомобилей рекомендуются для применения каркасные асфальтобетоны, обеспечивающие повышенную сдвигоустойчивость за счет жесткой пространственной системы (зерна щебня соприкасаются между собой). Этим условиям отвечают особенно такие асфальтобетоны, как предельно многощебенистые типа А и ЩМА с содержанием щебня 58–80%.

Количественный состав материалов следует подбирать таким образом, чтобы обеспечить максимальное сопротивление сдвиговым нагрузкам от автомобилей (проектная кривая зернового состава должна проходить в нижней трети рекомендуемого диапазона зерновых составов минеральной части асфальтобетона и ЩМА) (рис. 2).

Особое внимание следует уделять плавности проектной кривой, указывающей на ее сбалансированность и, соответственно, на ее устойчивость в конструктивах покрытия при воздействии нагрузок. Форма зерен щебня должна быть максимально кубовидной. Количество лещадки и игловатых форм



— не более 5–9% (повышенные требования).

2. Используемые при устройстве верхних слоев покрытий автомобильных дорог высоких технических категорий практически во всех дорожно-климатических зонах вязкие битумы должны обладать комплексом структурно-механических свойств, обеспечивающих: эластичность и пластичность при низкой температуре, достаточную прочность и теплостойкость при высокой температуре, стойкость против старения при технологической переработке и эксплуатации, прочное сцепление с поверхностью минеральных материалов, достаточный температурный диапазон работы, обеспечивающий одновременно трещиностойкость и сдвигоустойчивость в заданных условиях эксплуатации.

3. Количество битума в асфальтобетонной смеси должно быть оптимальным и обеспечивать максимальную прочность асфальтобетона при конкретном минеральном материале и необходимую остаточную пористость, соответствующую той или иной дорожно-климатической зоне района строительства (реконструкции) или капитального ремонта автомобильной дороги.

Уменьшение вязущего с целью увеличения остаточной пористости может привести к изменению микроструктуры асфальтобетона, заложенной первоначально проектировщиком. А это, в свою очередь, может привести к снижению прочности, водо- и морозостойкости, а также к снижению коррозионной стойкости асфальтобетона. Первыми характерными признаками, свидетельствующими о недостатке битума в асфальтобетоне, являются большая величина водонасыщения и низкий коэффициент водостойкости.

В то же время необходимо учитывать, что избыток битума приводит к снижению прочности, сдвигоустойчивости и к повышению пластичности асфальтобетона, происходящим из-за изменения его напряженно-деформированного состояния, в котором в жаркую пого-

ду резко снижается мгновенная (частичная) упругость и появляются пластические деформации, являющиеся основными причинами образования сдвигов и волн на покрытии. Признаком избытка битума является малая величина водонасыщения (менее 1,5 %).

4. Для улучшения качества и долговечности асфальтобетонного покрытия в верхних слоях дорожного покрытия автомобильных дорог I и II технической категории (для III дорожно-климатической зоны) рекомендуется применение полимерно-битумных вяжущих марки ПБВ-60 с максимальным сохранением в битуме низкомолекулярной среды (нафтеновых, ароматических, нафтеново-ароматических углеводородов), в которой растворены высокомолекулярные соединения асфальтенов и смол). ПБВ должно отвечать требованиям ГОСТ Р 52056-2003 и иметь большой интервал пластичности с повышенным показателем температуры размягчения (для повышения сдвигоустойчивости при высоких положительных температурах) и пониженным показателем температуры хрупкости (для повышения трещиностойкости при низких температурах). Анализ наиболее показательной из актуальных характеристик — коэффициента температурной чувствительности R_0/R_{50} свидетельствует: полимерасфальтобетон значительно меньше изменяет свои свойства при применении одного из основных агрессивных факторов температуры (рис. 3). Примером этого может быть приготовленный силами СФ ЗАО «Труд» совместно с ЗАО «Техпрогресс-Т» ПБВ-60, модифицированного дивинил-стирольным термоэластопластом 1-й группы разветвленной структуры ДСТ 30Р-01 в количестве 2,8–3,2% с минимальным количеством индустриального масла И-40 (не более 4,5%), температурный диапазон

рабочей зоны которого составляет $+68^\circ\text{C} - (-25^\circ\text{C}) = 93^\circ\text{C}$, что выше нормативных требований «Технических условий поставки готовых к применению битумов, модифицированных путем добавления полимерных материалов (ТЛРмВ), издание 2001 г., табл. 2» (PmB45A) вяжущего SMA[4] $+65^\circ\text{C} - (-15^\circ\text{C}) = 80^\circ\text{C}$ (одного из европейских стандартов). А показатель эластичности ПБВ-60, равный 91,5%, значительно превосходит европейские нормы, регламентирующие этот показатель значением $\text{min } 70\%$.

5. Для протекания хемосорбционных процессов, при которых образуются полностью необратимые химические соединения, прочно связывающие в пограничных слоях минеральные материалы и органические вяжущие, более благоприятным является наличие на поверхности частиц (зерен) ребер, пиков, острых граней, а для физической адсорбции — углублений, микротрещин и т.д.

Исходя из этого, весьма важным являются наличие максимального количества дробленых зерен минеральных составляющих асфальтобетонных смесей и ЩМАС (узкие фракции щебня, отсева дробления каменного материала и т.п.) и их высокая дисперсность с сильно развитой межфазной поверхностью, обеспечивающие требуемую прочность и долговечность материалов.

6. В целях получения качественных асфальтобетонных покрытий с повышенным сроком эксплуатации (до 7–9 лет), необходимо сохранить исходные свойства ПБВ и избежать его старения при тепловой обработке, в первую очередь — максимально исключая процессы, приводящие к ухудшению его свойств (конденсация, фильтрация, окисление, испарение и т.д.) на всех стадиях технологических операций

при приготовлении как асфальтобетонных смесей, так и самого ПБВ. Особо важно отслеживать рабочую температуру приготовления ПБВ и асфальтобетонной смеси. Решаться эта задача должна применением, прежде всего, низкотемпературной технологии и модификации битумов при температурном диапазоне от 140 до 160 °C.

7. Содержание минерального порошка в смесях должно обеспечивать совместно с битумом способность «склеивания» минеральных составляющих асфальтобетонов, обеспечивая при этом прочные связи между зернами. Основываясь на химической адсорбции (хемосорбции) битума на поверхности минерального материала, образующаяся связь в этом случае не может быть нарушена даже длительным воздействием воды, а приготовленные на основе этого вещества асфальтобетонные смеси обеспечивают покрытиям надлежащую плотность, прочность и долговечность.

Количественный состав минерального порошка в таком случае должен стремиться к показателю отношения битум/минеральный порошок, равному 0,5–0,7, достигая для щебеночно-мастичных асфальтобетонных смесей значения 0,4.

8. Учитывая основные функции, выполняемые минеральным порошком в асфальтобетоне (способствование созданию плотного минерального остова; структурообразование битума, получение асфальтового вяжущего; улучшение адгезионных связей в асфальтобетоне и др.), необходимо иметь в виду, что в асфальтобетонах из горячих смесей I и II марок возможна только частичная замена минерального порошка тонкодисперсной составляющей отсева дробления. При этом в массе зерен мельче 0,071 мм, входящих в состав смеси, как правило, содержится не ме-

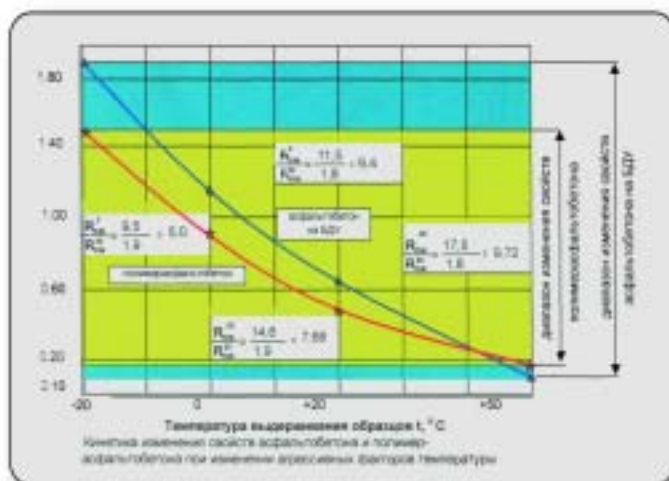
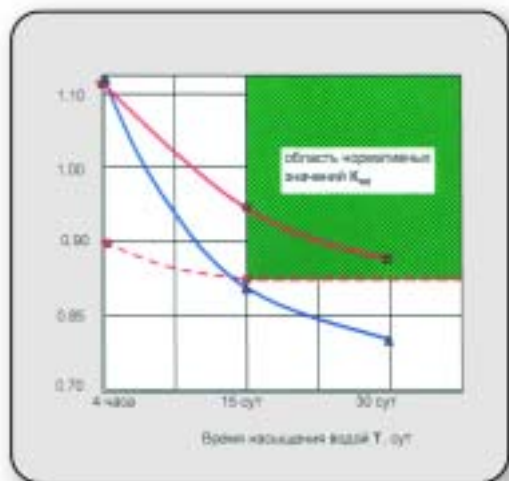


Рис. 3



нее 50% известнякового минерального порошка, отвечающего требованиям ГОСТ 16557-78.

Полная замена минерального порошка тонкодисперсной частью отсевов дробления изверженных горных пород допускается в смесях для горячих плотных асфальтобетонов марки III. В то же время, полная замена минерального порошка тонкодисперсной составляющей отсевов дробления в пористых и высокопористых асфальтобетонах марок I и II не рекомендуется. Причинами такого положения являются: необеспеченность адгезионных связей (для кислых пород); снижение силы сцепления в контакте между частицами, прочности единичного контакта и предельного напряжения сдвига асфальтобетона.

Максимальное количество циклонной пыли в асфальтобетонных смесях, используемых в верхних слоях покрытия, не должно превышать 3% от массы минеральной части (по абсолютной величине), независимо от типа и марки асфальтобетона.

9. Одним из перспективных путей повышения качества асфальтобетонов является активирование минерального порошка или приготовление его на новой основе.

Активированный минеральный порошок рекомендуется применять и в районах с резкоконтинентальным климатом II зоны и I3 (южной подзоны) I дорожно-климатической зоны (Братск, Иркутск, Улан-Удэ, Чита, Белогорск и т.д.). При этом должен использоваться битум пониженной вязкости (на 30–50 градусов пенетрации) или должно производиться активирование минерального порошка смесью ПАВ с маловязким битумом (БНД 200/300; БНД 130/200). Это позволит повысить устойчивость асфальтобетона против об-

разования трещин при низких температурах указанных зон.

10. Для повышения качества асфальтобетона его мелкую составляющую целесообразно формировать из дробленого песка, так как покрытие, полученное на его основе, более сдвигоустойчивое, чем на природном песке. Крупную же составляющую целесообразно формировать из горных пород мелкозернистой кристаллической структуры, которые при износе в максимальной степени сохраняют шероховатость естественного скола, обеспечивая при этом как сдвигоустойчивость, так и высокие сцепные характеристики. Кроме того, при выборе этих материалов необходимо стремиться к их максимальной основности, обеспечивающей хорошее сцепление с органическими вяжущими. Щебеночный материал из кислых пород (таких, как гранит, сиенит, диорит) требует дополнительного введения ПАВ «Техпрогресс-1», «Амдор-9», «Дорос-АП» и т.п. в битум или активаторов — в смесь минеральных материалов. Одним из лучших материалов, в этой связи, для устройства износостойких асфальтобетонных покрытий является габбро-диабаз.

Подбор состава асфальтобетонной смеси или ЦМАС считается завершенным, если все показатели физико-механических свойств отвечают, соответственно, требованиям ГОСТ 9128-97 и ГОСТ 31015-2003.

Важнейшими задачами, определяющими дальнейший технический прогресс в технологии приготовления композиционных дорожно-строительных материалов с использованием основ физико-химической механики, являются:

- оптимизация сочетания развитой межфазной поверхности мелкодисперсной минеральной составляющей ас-

фальтобетона и концентрации дисперсной фазы в битумной дисперсной среде. Прежде всего заключается в оптимизации содержания исходных элементов (компонентов) в полидисперсной системе асфальтобетона: для асфальтовяжущего вещества — битума и минерального порошка; для битума — оптимальное содержание смол, мальгеновых масел и асфальтенов, и для асфальтобетона в целом — заполнителей (узких фракций щебня песка) и асфальтовяжущего;

- увеличение физико-химической активности материалов на поверхности раздела фаз;

- внедрение энергосберегающих технологий, соблюдая при этом основной принцип минимальной энергоёмкости всех технологических процессов, включая и складское хозяйство, непосредственно задействованное в производстве;

- достижение максимальной однородности приготавливаемых асфальтобетонных смесей;

- достижение максимальной производительности заводов, баз, благодаря учету всех факторов, влияющих на нее (например: влажности исходных минеральных составляющих асфальтобетона и т.д.);

- применение автоматизированных систем управления во всех технологических процессах и операциях производства дорожно-строительных материалов, позволяющих свести к минимуму непроизводительные затраты и максимально сохранить положительные свойства исходных материалов, оптимально сочетать механические воздействия на составляющие асфальтобетона и методы их физико-механической активации, соблюдая при этом экономический принцип адекватности затрат энергии на них.