

Для щебеночно-мастичных асфальтобетонов приготовленных на вязких битумах БНД 90/130 эта температура должна быть не ниже 90 °С. В случае уплотнения асфальтобетонных смесей при пониженных температурах, асфальтобетонное покрытие обладает пониженной сдвигоустойчивостью.

4. С помощью регулирования температуры приготовления и уплотнения асфальтобетонной смеси общий уровень надежности асфальтобетона, характеризующий вероятность безотказной работы покрытия, может быть увеличен на 20–25 % по сравнению с асфальтобетоном, приготовленным по традиционной технологии. Снижение температуры приготовления смеси позволит снизить стоимость работ по устройству асфальтобетонного покрытия.

### **Литература**

1. Котлярский, Э.В. Строительно-технические свойства дорожного асфальтового бетона: учебное пособие / Э.В. Котлярский; под ред. Э.В. Котлярского. – Минск, 2004. – 194 с.

2. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия: СТБ 1033 – 2004.

3. Смесей асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Методы испытаний: СТБ 1115 – 2004.

4. Рекомендации по подбору состава асфальтобетонных смесей: ДМД 02191.7.003 – 2007.

УДК 625.855.3

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ НА РУБЕЖЕ XXI ВЕКА**

**Ковалев Я.Н., д-р техн. наук, профессор**

*Белорусский национальный технический университет  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Основную материаловедческую проблему связывают два противоречивых требования: качество (К) дорожно-строительных материалов (прочность и долговечность) должно быть максимальным, а стоимость (С) – минимальной:  $C_{\min} \rightarrow \leftarrow K_{\max}$ . Практически разрешению

этого противоречия в дорожном материаловедении и посвящена вся существующая наука и ее технические приложения в этой области. Мы коснемся лишь отдельных фрагментов указанной проблемы.

Прежде всего, отметим, что и первое и второе требования тесно связаны с технологическим аспектом дорожного материаловедения и его научным сопровождением. Дорожное материаловедение является фундаментом технического прогресса в дорожной отрасли. В научном плане оно базируется на положениях фундаментальной науки: физики твердого тела, физической и коллоидной химии, реологии и механики разрушения композиционных материалов, работающих в сложных эксплуатационных режимах. При этом исследование поверхностных явлений на границе раздела фаз требует проникновения в микромир контактной зоны, изучаемой на атомно-молекулярном уровне. И это не «экзотика» (как полагают некоторые) методологического подхода, а реальная потребность поставить исследования дорожно-строительных материалов на более высокий уровень науки и техники. Указанное требование исторически оправдано. Мы прошли длительный эволюционный путь развития дорожного материаловедения, зависящего напрямую от экономического базиса, когда и уровень техники был низким, и доминирующим фактором было количество, а не качество. Так, например, с 30-х годов и в течение многих лет в технологии приготовления асфальтобетонных смесей использовали смесители свободного перемешивания (типа Г-1), которые не могли дать качественного перемешивания компонентов. В настоящее время на современных АБЗ работают смесители с динамическим перемешиванием и аэрозольным вводом вяжущего (фирма «Vibau»), а технологический цикл почти полностью автоматизирован. И хотя существующий уровень технологии АБЗ кажется многим самодостаточным, с точки зрения научного видения проблемы, он не является пока совершенным, поскольку не гарантирует высокого качества смеси в сочетании с низкой себестоимостью. На наш взгляд, сейчас не хватает прорывных технологических решений, позволяющих не только готовить качественные и низкостойкие полуфабрикаты, но и строить дороги с применением новых сборных конструктивных элементов дорожных одежд, изготовленных по современным технологиям в стационарных условиях.

Поскольку дорожное строительство требует значительных материальных и энергетических затрат, на первый план также выдвигается проблема ресурсосбережения. Она должна стать главной при осуществлении любой программы снижения себестоимости применительно к любому виду дорожно-строительной продукции. Решение проблемы ресурсосбережения в дорожной отрасли может идти двумя путями: первый основан на поиске резервов (совершенствовании) традиционных технологий; второй – реализуется на основе разработки и внедрения принципиально новых (прорывных) технологий. Как известно, весьма прогрессивным научным направлением в современном материаловедении является нанотехнология, которая предложена, прежде всего, для получения металлических и полимерных материалов и изделий. Эта технология декларируется как современное направление при получении конструкционных материалов с минимум микродефектов и приближающим реальную прочность инженерных изделий к теоретической прочности. Из таких целевых установок родился в свое время знаменитый принцип академика П.А. Ребиндера: «путь к высшей прочности материалов – через их разрушение». Метод предполагает разрушение естественно-природной структуры материала, устранение микронеоднородностей при тонком диспергировании и последующее создание из полученного вещества нового материала интегрированной бездефектной структуры. По такому пути пошла порошковая металлургия и дезинтеграторная технология. Академиком П.А. Ребиндером показано, что появление в структуре реальных тел микронеоднородностей различных типов, стимулирующих разрушение материалов даже при пониженных напряжениях, во многом связано с несовершенством проектирования составов и технологии. Профессор Урьев Н.Б. также отмечает, что одной из доминирующих причин значительного различия (часто на несколько порядков) в свойствах бездефектных твердых тел и реальных материалов, является несовершенство технологических процессов получения последних. Это относится, прежде всего, к процессам, которые включают операции измельчения, обработки поверхности частиц исходных компонентов, смешения их с вяжущими (гомогенизация), транспортирования и уплотнения смесей. Поэтому вопросам оптимизации технологии производства материалов с минимум структурных неоднородностей придается огромное значение технологами-исследователями во

всем мире. Теоретическое объяснение образования дефектности, образующейся на технологической стадии, сейчас найдено. Оно заключается в следующем. Появление микронеоднородностей в структуре готовых материалов (в нашем случае асфальто- и цементобетонов) является следствием проявления определенных особенностей в структуре высококонцентрированных дисперсных систем (смесей) на стадии их приготовления. Основные структурные особенности этих систем проявляются при сочетании сильно развитой межфазной поверхности  $S$  и большой концентрации твердой дисперсной фазы  $D$  в жидкой дисперсионной среде небольшого объема. Главное следствие такого сочетания  $S$  и  $D$  выражается в том, что в концентрированных системах самопроизвольно возникают термодинамически устойчивые пространственные микроструктуры (кластеры), образуемые за счет сцепления мельчайших частиц дисперсных фаз между собой. Для получения однородных структур с минимумом микронеоднородностей необходимо точно определять соотношение между потенциальной энергией взаимодействия (сцепления) разнофазных частиц и кинетической энергией, передаваемой этим частицам в процессе технологического передела (например, смешения с вяжущим). При создании прочных бездефектных структур дорожных бетонов необходимо, чтобы технология получения таких материалов обеспечивала: 1) максимально возможное межфазное сцепление структурных компонентов и 2) равномерное распределение твердой фазы в дисперсионной среде, объем которой всегда несравненно меньше, чем объем твердой фазы. Исходя из вышеизложенных положений, общими проблемными задачами, определяющими дальнейший технический прогресс в технологии производства дорожно-строительных композиционных материалов, можно считать: 1) увеличение физико-химической поверхностной активности взаимодействующих фаз на границе их раздела; 2) достижение максимальной гомогенности (однородности) перерабатываемых смесей, особенно при смешении и уплотнении многокомпонентных систем; 3) соблюдение принципа минимальной энергоемкости всех технологических процессов, и, в особенности, сокращения продолжительности тепловых процессов при подготовке органических вяжущих с целью уменьшения их старения. Решение перечисленных выше трех задач вполне достижимо с помощью современных технических средств и это подтверждает исторический опыт в области

технологии получения материалов. Действительно, на протяжении 200 лет в области технологий были известны и использовались в основном три классических приема: 1) механическое и химическое диспергирование (измельчение, растворение) исходных материалов; 2) изменение температуры и давления; 3) применение различных катализаторов, ускоряющих физико-химические процессы. Только сравнительно недавно (30 – 40 лет тому назад) появился не менее важный новый технологический прием: 4) активация жидких и твердофазных материалов, резко усиливающая их адгезионное взаимодействие на хемосорбиционном уровне. Исследования показали, что для любых композиционных материалов применим следующий принцип обеспечения их прочности:  $E_{стр.} > E_{в.с.}$ , где  $E_{стр.}$  – энергия связи структурных компонентов композиционного материала (на границе раздела фаз);  $E_{в.с.}$  – энергия факторов внешней среды (механические транспортные нагрузки и погодно-климатическое воздействие). При этом технологическое обеспечение неравенства должно соотноситься с экономическим принципом, т.е.:  $E_{стр.} \equiv E_{ак.}$ , где  $E_{ак.}$  – энергия, затрачиваемая на активацию компонентов дорожно-строительных материалов. Она должна корреспондироваться с требуемой структурной прочностью композита ( $E_{стр.}$ ). Из неравенства (1) следует, что, например, надежная работа дорожного покрытия возможна лишь при наличии у его материала некоторого запаса энергии структурных связей, т.е. если  $E_{стр.} - E_{в.с.} = + \Delta E$ . Исходя из этого, можно считать, что в случае, если  $\Delta E \geq 0$  активация компонентов предпочтительна, но не обязательна, а если  $\Delta E < 0$ , то она необходима. В зависимости от эксплуатационного режима работы инженерной конструкции, где используются традиционные бетоны или другие композиты, следует установить не только необходимость проведения активации компонентов тех или иных материалов, но и точное значение величины  $\Delta E$ , определяющей вид и энергоемкость активационных процессов. Промышленное освоение методов активации строительных материалов стало возможным благодаря ряду теоретических и экспериментальных работ, выполненных различными отечественными и зарубежными исследователями (Е.Г. Аввакумов, П.Ю. Бутягин, Л.Б. Гезенцевей, В.А. Золотарев, В.А. Каргин, Я.Н. Ковалев, И.А. Рыбьев, В.И. Соломатов, Н.Б. Урьев, Г. Хайнике, И.А. Хинт, Г. Джоуст и др.). Теоретическим фундаментом активационных технологий является

физико-химическая механика дисперсных материалов, на основе теоретических положений которой в Белорусском национальном техническом университете (БНТУ) сформировалось новое научное направление в дорожном материаловедении: «физико-химические основы активации твердо- и жидкофазных компонентов дорожных строительных материалов и создание эффективных технологий для их получения». При этом ядром активационных технологий является электрон-ионная технология (ЭИТ), которая базируется на ряде известных физических явлений: электрогидравлическом, трибоэлектрическом и эффекте вихревого слоя. Такой (первый) путь повышения качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли открывает совершенно захватывающие перспективы использования некондиционного минерального (кремнеземистого) сырья и различных техногенных отходов промышленности. При этом резко сокращается стоимость конечной дорожно-строительной продукции, как за счет снижения транспортных расходов, так и за счет сравнительно низких затрат при использовании местных или утилизированных материалов по сравнению с затратами на приобретение новых, дефицитных. Вторым, не менее важным путем энергосбережения является анализ и реструктуризация теплоэнергетического хозяйства производственных предприятий дорожной отрасли, где используется теплоэнергетическая технология при производстве смесей (АБЗ) или прогрев готовых конструкций (заводы бетонных и железобетонных конструкций и полигоны). Третьим перспективным и совершенно новым (прорывным) является путь автономного круглогодичного приготовления асфальтовязующего вещества на отдельных цехах и его доставки на АБЗ по мере потребности в выпуске асфальтобетонных смесей заданного объема. Это позволит исключить из состава АБЗ сложное энергетическое хозяйство для приема, хранения и подготовки битумов при их подаче к смесителю, а также исключает необходимость иметь сложное складское хозяйство для минерального порошка. Полученные предварительные результаты по капсулированию битумов (БНТУ) и гранулированию асфальтовязующего вещества (БНТУ, БелдорНИИ) показали перспективность таких разработок. Повышение качества и ресурсосбережения в дорожной отрасли должно быть основано на более расширенном использовании результатов фундаментальных наук.

В частности, заслуживает внимания теория лауреата Нобелевской премии, профессора И. Пригожина. Изучаемая система движется по определенной траектории развития, на которой появляются особые точки («бифуркации»), где траектория в силу неравновесности разделяется на «ветви». Причем, все ветви теоретически равновозможны, но только одна из них, в силу объективных или субъективных причин, будет реализована на практике, т.е. станет доминирующей в данный момент времени. Нечто подобное можно проследить при анализе развития технологии получения дорожных и других композиционных материалов. Рассматривая эволюционный путь развития технологий строительных материалов с позиции неравновесных процессов, можно утверждать, что точки «бифуркаций» являются одновременно показателями (своеобразным «барометром») нестабильности и показателем жизненности какого-либо явления: в данном случае – рождающейся новой технологии. В заключение можно отметить следующее. Решение проблем дорожного материаловедения непосредственно связано с уровнем использования положений фундаментальных наук. Такое содружество является основой прорывных технологий, повышающих одновременно качество продукции и ресурсосбережение. Именно такая концепция должна стать ведущей идеологией теоретических и прикладных исследований в дорожном материаловедении на рубеже XXI столетия.