

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ ПОДБОРА СОСТАВА ЭМУЛЬСИОННО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ, ОЦЕНКИ СВОЙСТВ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ СРОКОВ ФОРМИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО БЕТОНА НА ИХ ОСНОВЕ

Кравченко С.Е., канд. техн. наук, Вавилов П.В.

Белорусский национальный технический университет,

Государственное предприятие «БелдорНИИ»

(г. Минск, Республика Беларусь)

Введение

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствует нормативный документ, определяющий процедуру подбора состава эмульсионно-минеральных смесей (далее – ЭМС) для устройства конструктивных слоев дорожных одежд и методы их испытаний. Имеющиеся в распоряжение специалистов дорожников методы [1] устарели, не соответствуют современному уровню знаний и не позволяют провести качественный анализ состава и свойств ЭМС.

Предлагаемая методика

Предлагаемая методика подбора состава ЭМС и оценки их свойств, блок-схема которой представлена на рис. 1, основана на результатах исследований, выполненных в «БелдорНИИ» и с учетом анализа некоторых методик, разработанных в США и Франции [2, 3, 4, 5].

Цель проектирования состава ЭМС – выбор такой пропорции компонентов ЭМС, которая бы позволила при оптимальном соотношении затрат и достигаемых при этом свойств дорожного бетона на основе ЭМС получить материал, соответствующий области его применения.

Цель проведения испытаний дорожного бетона из ЭМС – установление соответствия его физико-механических свойств назначению применения (спецификации).



Рис. 1. Блок-схема предлагаемой методики подбора состава ЭМС

Исходными данными для выполнения подбора состава являются: область применения дорожного бетона из ЭМС; типы крупного и мелкого заполнителей; битумная эмульсия.

Ограничения метода.

Подбор рецептур битумных эмульсий вынесен за пределы предлагаемого метода. Предлагаемые методы относятся к ЭМС, изготавливаемым по комплексной технологической схеме.

1. Предварительная фаза

На предварительном этапе подбора состава ЭМС проводится отбор минеральных материалов и вяжущего и оцениваются их свойства.

На наш взгляд, существующих требований к составам минеральной части ЭМС [1] недостаточно и требуется их уточнение. В качестве рекомендуемых авторами предлагаются требования к минеральной части холодных бетонов согласно СТБ 1033. Для подбора

соотношения компонентов минеральной части предлагается использовать стандартные методики ДМД 02191.7.003 или СТБ 1698.

Для определения первоначального количества битумной эмульсии авторы предлагают использовать понятие, аналогичное понятию «модуль содержания битума в смеси», – модуль содержания эмульсии в смеси. Таким образом, первоначальное количество битумной эмульсии в ЭМС, $C_{Э}$, по массе минеральной части, %, можно определить по формуле

$$C_{Э} = k_B \times M_{CЭ} \times \sqrt[5]{S_{Mч}} \quad , \quad (1)$$

где $M_{CЭ}$ – модуль содержания эмульсии (с содержанием остаточного вяжущего 60.0 %);

$S_{Mч}$ – общая поверхность минеральной части ЭМС;

k_B – поправочный коэффициент для приведения эмульсии с фактическим содержанием остаточного вяжущего $W_{Ф}$, %, к эмульсии с содержанием остаточного вяжущего 60.0 %, определяемый как

$$k_B = \frac{60.0}{W_{Ф}} \quad .$$

При этом следует принимать $M_{CЭ} = 0,95 - 1,00$ для ЭМС с минеральной частью, в которой по площади поверхности преобладают гранитные материалы, $M_{CЭ} = 1,10 - 1,15$ – для ЭМС, в которой по площади поверхности преобладает кварц.

Адгезия вяжущего к минеральному материалу является важным показателем качества ЭМС, поскольку в значительной степени влияет на конечные свойства дорожного бетона из ЭМС.

Авторы считают необходимым и достаточным для практических целей подбора состава и предварительной оценки пригодности типа вяжущего визуального метода оценки степени адгезии по площади поверхности минеральной части, покрытой вяжущим. А именно: подобранную минеральную часть навеской (250 – 300 г) смешивают с постепенно увеличивающимся количеством воды (начальное количество – 1 % сверх массы) и определенным по формуле (1) количеством эмульсии, навеска высушивается и визуально оценивается по шкале от 0 % (полное отсутствие покрытия) до 100 % (полное покрытие). Количество воды и степень адгезии фиксируются.

2. Подготовительная фаза

Испытание на уплотняемость (степень уплотнения) предназначено для определения оптимального содержания жидкой фазы ЭМС, т.е. общего количества эмульсии и воды, поскольку обе эти фазы влияют на конечную плотность дорожного бетона из ЭМС.

Авторы считают возможным определить содержание жидкой фазы в ЭМС, используя один из двух нижеприведенных методов.

Первый способ заключается в использовании методики аналогичной ГОСТ 22733. Так, на рис. 2 показана зависимость плотности ЭМС от количества жидкой фазы (вода + битумная эмульсия), полученная по методике аналогичной ГОСТ 22733: смесь минеральных материалов массой 500 г, определенного ранее количества эмульсии и увеличивающего количества воды подвергается ударному уплотнению, с последующим измерением геометрических размеров полученного цилиндрического образца и его массы для вычисления плотности. Эта методика позволяет обнаружить два «пика» плотности ЭМС, соответствующие «зернистой» и «литой» консистенции, но она является достаточно трудоемкой.

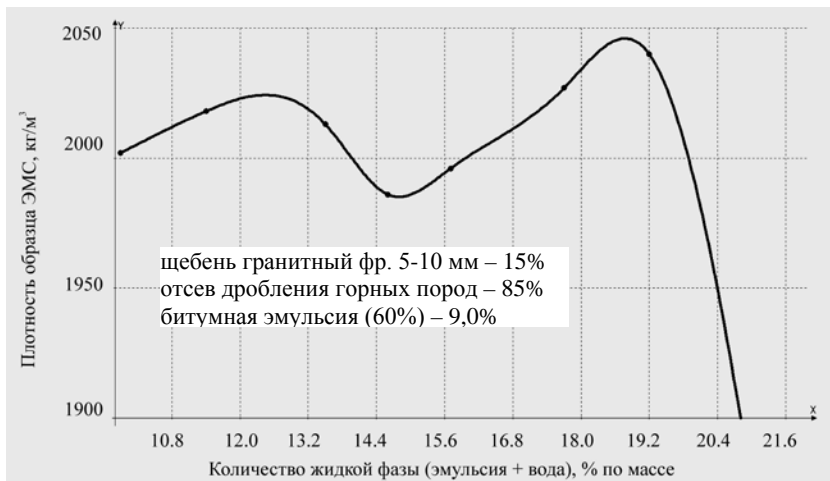


Рис. 2. Зависимость плотности ЭМС от содержания жидкой фазы

Второй способ основан на стандартной методике, применяемой для регенерируемых смесей. То есть, количество дополнительно

вводимой воды, необходимой для достижения оптимальной плотности ЭМС, можно определить по формуле

$$W = W_{opt} - W_{est} - k \cdot P_{em} ,$$

где W – количество воды сверх массы минеральной части, %;

W_{opt} – оптимальная влажность минеральной части, определенной ГОСТ 22733, %;

W_{est} – естественная влажность заполнителя, %;

P_{em} – количество добавляемой битумной эмульсии, % по массе

k – коэффициент, равный 0,9 для материала, состоящего из необработанных минеральных материалов и битумной эмульсии на чистом битуме БНД 90/130.

Далее, поскольку дорожный бетон из ЭМС подчиняется закону створа и закону обязательного соответствия свойств, то необходимо оценить его физико-механические свойства для выявления оптимального структуры (состава ЭМС).

Оценку свойств предлагается проводить на трех замесах ЭМС с различным содержанием эмульсии: предварительно определенное количество по формуле (1) $C_э$ и $C_э \pm 0,5$ %.

Для каждого из трех вариантов состава ЭМС необходимо подготовить образцы для оценки свойств дорожного бетона из них при следующих состояниях: «свежее», «созревшее», «свободное насыщение водой».

«Свежее состояние» необходимо ассоциировать с состоянием в период активного формирования структуры дорожного бетона из ЭМС; «созревшее состояние» – с состоянием в период, когда процесс формирования закончился (стабилизировался).

Под процессом «свободного насыщения водой» следует понимать стандартизированный процесс хранения образцов из ЭМС на воздухе в лабораторных условиях при температуре (20 ± 2) °С и атмосферной влажности (65 – 80) % в течение 7 суток после формования и последующим выдерживанием в воде при ее температуре (20 ± 2) °С в течение еще 7 суток (хранить необходимо в месте, недоступном для попадания прямых солнечных лучей).

В [2, 3] указывается, что принятая за стандартную во многих странах методика испытаний образцов на 14-е сутки хранения на воздухе характеризует дорожный бетон из ЭМС в ранний период его эксплуатации, то есть характеризует «свежее состояние».

Для оценки дорожного бетона из ЭМС в «созревшем состоянии» было предложено ряд процедур [2, 3] для интенсификации процессов формирования структуры дорожного бетона из ЭМС, основанные на том факте, что вяжущее в ЭМС является метастабильным материалом, состояние которого в дорожном бетоне зависит от температуры, влажностного режима и транспортной нагрузки.

Основываясь на анализе зарубежных методик «созревания» авторы считают необходимым провести исследовательские работы для выбора оптимального режима «созревания» дорожного бетона из ЭМС в лабораторных условиях, что, возможно, также послужит основой для методики экспресс-испытаний. При этом необходимо исходить из следующих положений:

- температура прогревания должна быть гарантировано ниже температуры размягчения по кольцу и шару применяемого в ЭМС вяжущего с учетом процесса старения в процессе приготовления эмульсии на $3 - 5$ °С;

- температура прогревания должна быть по возможности близка к температуре, наблюдаемой в натуральных условиях;

- время прогревания должно обеспечить конечную влажность в пределах $0,5 - 1,0$ %.

Работы, проведенные в «БелдорНИИ», свидетельствуют о том, что принятый режим формования образцов – 40 МПа в течение 3-х минут, позволяет достигать степени уплотнения, соответствующей наблюдаемой на стройплощадке ($K_0=0,75 - 0,85$), поэтому может служить цели получения лабораторной модели дорожного бетона из ЭМС.

Тем не менее изменение режима уплотнения может оказаться полезным для понимания некоторых характеристик дорожного бетона из ЭМС, процессов формирования его структуры, достигаемых физико-механических характеристик и прогнозирования сроков формирования. Так на рис. 3 представлен график изменения влажности образцов ЭМС (полученной на промышленном оборудовании) в зависимости от режима уплотнения.

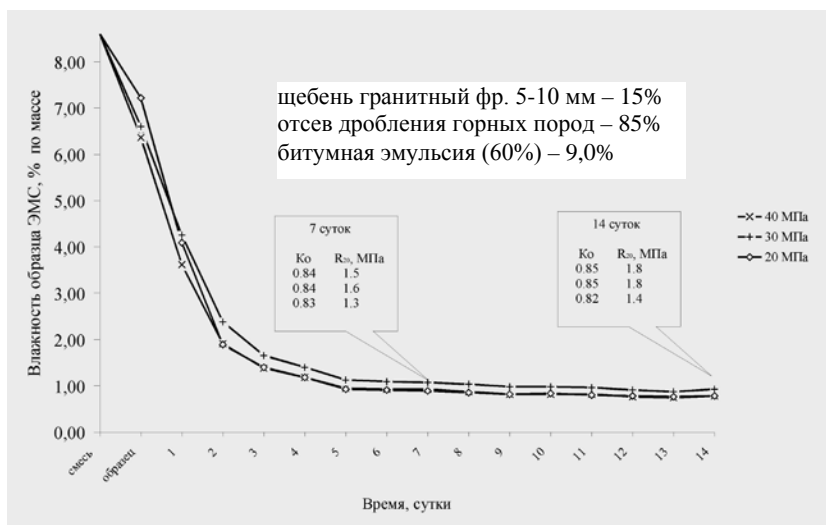


Рис. 3. Изменение влажности образцов ЭМС с различным режимом уплотнения во времени

Представленные на рис. 3 данные свидетельствуют о том, что при различных режимах уплотнения, конечная влажность дорожного бетона из ЭМС стабилизируется в районе 1 % на 5–6 сутки при температуре окружающей среды (20 ± 2) °С и атмосферной влажности (65 – 80) %, при этом физико-механические свойства дорожного бетона из ЭМС продолжают развиваться. Кроме того, данные рис. 3 указывают на тот факт, что даже при недостаточном уплотнении возможно получение дорожного бетона из ЭМС с удовлетворительными физико-механическими свойствами, которые могут развиваться под действием благоприятных внешних факторов.

В целом, низкое начальное значение показателя максимальной относительной плотности объясняется наличием в дорожном бетоне из ЭМС большего в сравнении с горячим асфальтобетоном эквивалентного состава и степени уплотнения количества пустот, образующихся в результате объединения капелек битума, не способных исчезнуть в течение процесса уплотнения при строительстве [3].

Таким образом, следовало бы считать, что формирование структуры дорожного бетона из ЭМС прекращается (стабилизируется)

тогда, когда в результате комбинированного действия внешних факторов перестает изменяться структура порового пространства такого материала. К сожалению, на практике не представляется возможным определить период времени необходимый для завершения данного процесса. Но, очевидно, возможно спрогнозировать период времени, необходимый для стабилизации свойств дорожного бетона из ЭМС, на основе анализа его физико-механических свойств, например, прочности при сжатии, водонасыщения либо других свойств.

3. Фаза определения физико-механических характеристик

Данная фаза подбора состава и оценки свойств дорожного бетона из ЭМС, в целом, основана на стандартных методах, применяемых в дорожной практике для горячих асфальтобетонов.

По окончании данного этапа работ будет достигнута цель подбора состава ЭМС – установлена пропорция основных компонентов: минеральных материалов, воды и вяжущего.

Для определения количества дополнительных компонентов ЭМС, либо для определения характеристик, не указанных в спецификации, либо для иных исследовательских целей предназначена **фаза специальных испытаний**.

Заключение

Предложенная блок-схема подбора состава ЭМС, предназначенных для устройства конструктивных слоев дорожных одежд, может служить основой для разработки стандартизированной процедуры подбора и испытаний этих смесей.

Литература

1. Дорожные технологии на основе катионных битумных эмульсий: РД 0219.1.09-1999. – Минск: Комитет по автомобильным дорогам при Министерстве транспорта и коммуникаций Республики Беларусь. Минск, 1999.

2. Bitumen Emulsion / under the coordination M. Cyna, M.-F. Ossola // RGRA, USIRF, Routes de France, SFERB. – Paris. – 2008. – ISBN 2-913414-49-4.

3. Serfass, J.-P. Emulsion cold mixes: for a new design method / J.-P. Serfass // RGRA. – 2002. – July-August. – № 808.

4. Towards a rational mix design method for cold bituminous mixes. The Optel contribution / J. J. Potti, D. Lesueur, B. Eckmann // RGRA. – 2002. – April. – № 805.

5. Asphalt cold mix manual // Manual series No. 14// Asphalt Institute. Lexington, KY, 1997

УДК 625.855.3.033

ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

**Кравченко С.Е., канд. техн. наук,
Вермениук В.В., канд. физ.-мат. наук**
*Белорусский национальный технический университет
(г. Минск, Республика Беларусь)*

Введение

Опыт эксплуатации асфальтобетонных покрытий показывает, что даже при наличии исходных дорожно-строительных материалов с заданными свойствами, не всегда удается добиться стабильных физико-механических показателей и требуемой долговечности асфальтобетона, из-за целого ряда факторов, в том числе и из-за отсутствия соответствующих критериев его свойств отражающих реальные условия работы асфальтобетона в покрытии.

В настоящее время качества асфальтобетона оценивается по показателям в соответствии с СТБ 1033, определяемым по методикам в соответствии с СТБ 1115. К основным из этих показателей следует отнести предел прочности при сжатии ($R_{50} - T = 50 \text{ } ^\circ\text{C}$); прочность на раскол ($R_0 - T = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$); водонасыщение (W); плотность (ρ_a); пористость (V_o); остаточная пористость (V_a); индекс трещиностойкости (I_T). Анализ режимов испытания указанных показателей указывает на то, что они в различной степени и не в полной мере отражают реальную работу материала в покрытии, что тем самым не позволяют в достаточной степени судить о его прогнозируемой долговечности. Подтверждением этому может служить тот факт, что процесс начало трещинообразования в покрытии приходится уже на первые годы эксплуатации, но при этом материал покрытия еще удовлетворяет по $R_i \gg R_{\text{норм}}$. В связи с этим при подборе состава асфальтобетона, в дополнение к стандартным показателям свойств асфальтобетона, следует учитывать также и нестандартные