

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Г. С. Меренцова, Ю. А. Горюнова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Выявлены основные факторы, влияющие на структурообразование и долговечность асфальтобетонных покрытий. Значительное влияние на эксплуатационную надежность асфальтобетонных покрытий оказывают битум и контактное взаимодействие растворной части асфальтобетона с минеральным заполнителем. Рекомендована модификация органического вяжущего и асфальтобетона.

Ключевые слова: асфальтобетон, адгезия, битум, заполнитель, модификация, добавки, долговечность, эксплуатационная надежность, факторы, сцепление, надежность.

Научные положения об асфальтовом бетоне синтезируют в себе достижения смежных областей, что дает возможность выявить новые представления и новые методы исследования. В наибольшей степени это выявляется при изучении вопросов взаимодействия битума и минеральных материалов. Проведенные в этой области обширные исследования позволили выявить некоторые особенности и закономерности процессов взаимодействия, а главное, создали предпосылки для направленного изменения этих процессов и регулирования свойств асфальтового бетона. Эти предпосылки лежат в основе технологии асфальтового бетона, предусматривающей применение в нем активных минеральных материалов, а также введение специальных добавок органического и неорганического происхождения.

Важнейшие принципы этой технологии состоят в том, что введение рекомендуемых добавок, а также искусственное изменение природы минеральных поверхностей, взаимодействующих с битумом, являются средством активного регулирования структурно-механических свойств асфальтового бетона. Замена традиционных материалов активизированными, поверхность зерен которых изменена, а также модификация битумов способствует направленному взаимодействию органического вяжущего и обеспечивает получение асфальтового бетона с требуемыми эксплуатационными свойствами.

Для направленного регулирования технологическими и строительно-технологическими свойствами асфальтобетонных смесей и асфальтобетона необходимо учитывать следующие факторы:

- оптимальное соотношение минеральных частиц с учетом их гранулометрического состава, что реализуется при подборе состава минеральной части асфальтобетонной смеси;

- оптимизацию состава и свойств органического вяжущего, предусматривающую его модификацию, в том числе при введении специальных добавок (органических и минеральных);

- технологические воздействия на асфальтобетонные смеси при перемешивании и уплотнении асфальтобетона с учетом оптимальной упаковки минеральных частиц;

- технологические воздействия для формирования оптимальной контактной зоны на границе раздела «битум-минеральный материал».

- влияние состава битума и асфальтобетонной смеси на трещиностойкость асфальтобетонных слоев.

Существенное значение имеют особенности формирования структуры высококонцентрированных дисперсных систем и необходимость учета специфики контактных взаимодействий между отдельными элементами структуры асфальтобетона. Формирующаяся из минеральных материалов и битума структура асфальтобетона предопределяет качественные характеристики дорожного покрытия.

Повышение надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий обусловливается направленным регулированием технологических свойств асфальтобетонных смесей, при котором достигается оптимальная упаковка минеральных частиц, имеющих рациональную гранулометрию, в том числе частиц

дисперсной фазы. При этом значительное влияние оказывает формирование оптимальной контактной зоны на границе раздела «битум-минеральный компонент». Как показали проведенные исследования, эта зона является очагом дефектов при действии механических нагрузок от движущегося транспорта, а также попеременного замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания. Для нейтрализации возникновения дефектов в асфальтобетонном покрытии необходимо, с одной стороны, повысить адгезионную прочность крупного заполнителя с органическим вяжущим, с другой – повысить трещиностойкость асфальтобетона.

Развитие положений физико-химической механики - науки, созданной А. А. Ребиндером и его школой, - позволяет применительно к дорожно-строительным материалам разрабатывать новые направления в исследовании асфальтобетонов с установлением ряда особенностей и закономерностей процессов взаимодействия битума и минеральных материалов, что создает предпосылки для направленного изменения этих процессов и регулирования свойств асфальтобетона.

Процессы структурообразования асфальтобетонов, как сложных многокомпонентных систем с коагуляционным типом структуры, зависят от содержания и вязкости вяжущего, особенностей взаимодействия его с минеральными компонентами, а также содержания и состава минеральной части. Контакт между минеральными частицами происходит по пленкам органического вяжущего. Наличие битумных пленок обуславливает коагуляционный характер структуры асфальтобетона. Оптимальная структура характеризуется полным обволакиванием битумом минеральных зерен и предопределяет нужную прочность при соответствующих значениях адгезионных сил, величина которых определяется свойствами минеральной части и вяжущего.

Существенное влияние на процессы структурообразования асфальтобетонов оказывает битум. Битум в асфальтобетоне из-за действия поверхностных сил минерального материала претерпевает структурные изменения. Структура пленок битума на поверхности минеральных зерен формируется в результате сложной системы сил молекулярного взаимодействия с поверхностью минеральных зерен, наиболее влиятельными факторами которой являются: знак минерального заряда, Вандер-Ваальсовы силы, силы индукционного характера [1, 2]. Под влиянием

межмолекулярного взаимодействия структура битума в пленках изменяется, возникает слой ориентированного битума с упорядоченным расположением высокомолекулярных соединений, образующих цепочки, перпендикулярные к поверхности минеральных зерен. Прочность связи звеньев цепочки по мере удаления от поверхности зерен падает и на расстоянии нескольких микрометров от нее практически равна нулю. Битум при этом приобретает объемные свойства.

Изменение структуры пленки битума предопределяет прочность коагуляционного контакта и позволяет управлять регулированием толщины и свойств битумной пленки на минеральных зернах. При минимальных толщинах пленка битума находится в зоне интенсивного действия межмолекулярных сил, поэтому прочность ее максимальна, а деформации под нагрузками минимальны, что обуславливает малое сопротивление растяжению.

Каждому битуму, с учетом его конкретных физико-химических свойств, соответствует своя оптимальная толщина пленки. При оптимальных толщинах пленка битума может достичь высокой адгезионной прочности при необходимом сопротивлении растяжению. Улучшение структуры асфальтобетонов достигается обеспечением хорошей адгезии между битумом и каменным материалом.

Целенаправленное регулирование требуемых качественных характеристик асфальтобетона за счет свойств битума позволяет достигнуть лучшей трещиностойкости асфальтобетонных покрытий при применении битумов, обладающих более высокой деформативностью при отрицательных температурах.

Коагуляционные контакты между частицами по битумным пленкам являются наиболее слабым звеном системы. Они оказывают наибольшее влияние на прочность системы. Одно из условий формирования прочной структуры асфальтобетона – полное обволакивание минеральных зерен битумом при условии достижения оптимальной толщины пленки вяжущего и максимальной адгезионной прочности, что в значительной степени зависит от минеральной части, т.е. его количественного содержания и качественного состояния поверхности зерен.

Поведение асфальтобетона под влиянием различных внешних факторов воздействия существенно важно для определения надежности его работы в конструктивном слое.

В зависимости от величины когезионной и адгезионной прочности битумной пленки разрушение асфальтобетона может происходить как по вяжущему, так и по контакту битум - минеральный материал. При незначительной прочности минерального материала наблюдается его когезионное разрушение. На основе опытов было установлено, что при разрушении асфальтобетона наблюдаются следующие виды разрушений, приведенные на рисунке 1:

- по границе битум – минеральный материал, когда силы когезии превышают силы адгезии, пленка битума отрывается от зерен щебня, песка (1);
- по битуму, когда силы адгезии превышают силы когезии битумной пленки, и она разрывается (2);
- по зернам минерального материала при достаточной адгезионной и когезионной прочности битумной пленки (3);
- смешанное разрушение, которое характеризуется разрушением битумной пленки и частичным отрывом ее от зерен минеральной части (4).

Анализ вышеуказанных видов разрушений асфальтобетона позволяет определить основные направления по повышению адгезионной и когезионной прочности органического вяжущего. Реализация этих направлений способствует целенаправленному регулированию процессов структурообразования асфальтобетонов требуемой прочности и деформативности.

При этом необходим анализ основных технологических факторов и рациональных режимов, под влиянием которых формируется структура асфальтобетона, а также учет потенциальных свойств и специфических особенностей исходных материалов, влияющих на протекание физико-химических процессов и образование структурных связей.

Реализация указанных выше направлений позволяет улучшить технологию производства, поскольку на ее отдельных этапах происходят процессы структурообразования асфальтобетонов.

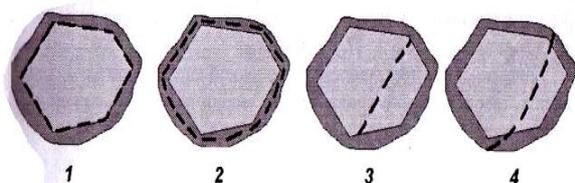


Рисунок 1 – Характер разрушения асфальтобетона

Повышение надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий обуславливается направленным регулированием технологических свойств асфальтобетонных смесей, при котором достигается оптимальная упаковка минеральных частиц, имеющих рациональную крупность, в том числе частиц дисперсной фазы. При этом значительное влияние оказывает формирование оптимальной контактной зоны на границе раздела битум – минеральной компонент. Как показали проведенные исследования, эта зона является очагом дефектов при действии механических нагрузок от движущегося транспорта, а также попеременного замораживания и оттаивания, увлажнения и высушивания. Для нейтрализации возникновения дефектов в асфальтобетонном покрытии необходимо, с одной стороны, повысить адгезионную прочность крупного заполнителя с органическим вяжущим, с другой – повысить трещиностойкость асфальтобетона.

Совершенствование методик по оценке этих характеристик позволяет прогнозировать степень надежности и долговечности асфальтобетонных покрытий.

Установлено, что водо- и морозоустойчивость, а также деформативные свойства асфальтобетона в широком диапазоне эксплуатационных температур, характерных для условий юго-западной Сибири, определяются показателями свойств органического вяжущего, а именно, адгезией битума к заполнителю. Плохое сцепление битума с каменными материалами покрытия ведет к снижению водо- и морозостойкости асфальтобетона, что не отвечает требованиям эксплуатации конструктивного слоя и является причиной его преждевременного разрушения.

Проведены исследования в направлении совершенствования методики определения адгезионных свойств органических вяжущих, что позволяет исключить субъективизм оценки результатов опытов и количественно оценить сцепление битума с заполнителем. Разработанная методика позволяет учесть реальные условия эксплуатации асфальтобетонного покрытия в конкретных климатических зонах с учетом влияния соответствующих положительных и отрицательных, а также знакопеременных температур, определенной влажности окружающей среды при циклическом увлажнении и высушивании и т.д.

Значительное влияние на долговечность асфальтового бетона оказывает состояние контактной зоны крупного заполнителя с песчано-битумной композицией. В результате

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ НАДЕЖНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

старения битумного вяжущего, под влиянием неблагоприятных климатических факторов, нарушается сцепление заполнителя. Этот процесс интенсифицируется при циклическом замораживании и оттаивании. В то же время могут локализоваться напряжения в асфальтобетоне на границе с крупным заполнителем при нагружении, особенно динамическом. В результате, на границе между растворной частью асфальтобетона и заполнителем могут возникать микро- и макротрещины, интенсифицирующие дальнейшие деструктивные процессы в асфальтобетонных покрытиях.

Разработан способ оценки сцепления заполнителя с растворной частью асфальтобетона с использованием запатентованной методики (патент № 2435744) [3]. По этой методике определяется количественный показатель сцепления, что позволяет экспериментально доказать целесообразность модификации битумных вяжущих в асфальтобетоне специальными добавками для повышения долговечности и эксплуатационной надежности асфальтобетонных покрытий.

Использование разработанной методики дало возможность установить оптимальные составы асфальтобетонов повышенной эксплуатационной надежности и долговечности, а также выявить рациональные составы органических вяжущих, позволяющие повысить качество шероховатой поверхностной обработки с высокими эксплуатационными характеристиками.

Проведенный анализ трещиностойкости асфальтобетона в условиях Алтайского края (III и IV дорожно-климатические зоны) позволил установить, что одной из причин возникновения трещин являются низкотемпературные напряжения растяжения при одновременном действии транспортных нагрузок, вызывающих напряжения растяжения при изгибе в слое покрытия. При этом установлено, что трещины образуются и развиваются при интенсивном снижении температуры зимой в течение короткого срока, что характерно для условий Западно-Сибирского региона. Критическое значение скорости снижения составляет 7-9 °С в час. Механизм данного явления обусловлен невозможностью протекания пластических деформаций, способствующих уменьшению трещинообразования.

Ориентируясь на изложенные выше методологические положения, разрабатывались

технологические приемы, позволяющие повысить эксплуатационную надежность и долговечность асфальтобетонных покрытий и слоев износа.

В частности, повышение адгезионных свойств органического вяжущего достигнуто введением в битум добавок в виде поверхностно-активных веществ, а также полимерных.

Установлено, что модификация битума синтетическим этилен-пропиленовым каучуком (СКЭПТ) в комплексе с неорганическими железосодержащими добавками существенно улучшает адгезионные свойства битума, повышает трещиностойкость асфальтобетонных смесей для верхних слоев покрытий.

Модификация органического вяжущего, а в ряде случаев смеси вяжущего и мелкого заполнителя, как компонента асфальтобетона, оказывает предопределяющее влияние на механические характеристики смеси.

При этом при проведении исследований предпочтение отдавалось добавкам, способным компенсировать основные недостатки углеводородистых вяжущих и улучшать такие свойства, как эластичность, связность, сцепление при сохранении своих свойств как при высоких, так и при низких температурах.

Реализация изложенных выше положений позволяет разрабатывать рациональные технологии и составы дорожных бетонов повышенной долговечности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерягин, Б. В. Адгезия твердых тел / Б. В. Дерягин, Н. А. Кротова, В. П. Смилга. – М. : Наука, 1973. – 270 с.
2. Королев, И. В. Дорожный асфальтобетон / И. В. Королев, Е. Н. Агеева, В. А. Головкин, Г. Р. Фоменко. – Киев : Вища школа, 1984. – 200 с.
3. Патент № 2435744 RU. Способ оценки сцепления заполнителя с растворной частью асфальтобетона / Г. С. Меренцова, Н. В. Чуб. – 2010.

Меренцова Г.С. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Строительство автомобильных дорог и аэродромов» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: adio-06@mail.ru.

Горюнова Ю.А. – студентка группы 8САД-71 ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: yulya.goryunova.95@mail.ru.