

нию прочностных показателей материала. Наиболее интенсивный рост прочности наблюдается при увеличении содержания асфальтовяжущего от 20 до 30%. Дальнейшее изменение зависимости носит не столь интенсивный характер.

Значение прочности материала при 30% содержании гранул составляет $47,00 \text{ кгс/см}^2$. Однако, применение гранул без использования остальных компонентов минеральной части асфальтобетонной смеси позволяет получить асфальтобетон с более высокими прочностными показателями. Так, показатель прочности асфальтобетона при использовании 100% гранулированного материала составляет 90 кгс/см^2 . Однако хотелось бы максимальным образом использовать уникальные возможности разработанного материала для разработки асфальтобетонного покрытия с характеристиками, отличными от свойств асфальтобетона, используемого в мировой практике.

Как показали проведенные исследования, наибольшими прочностными показателями обладают

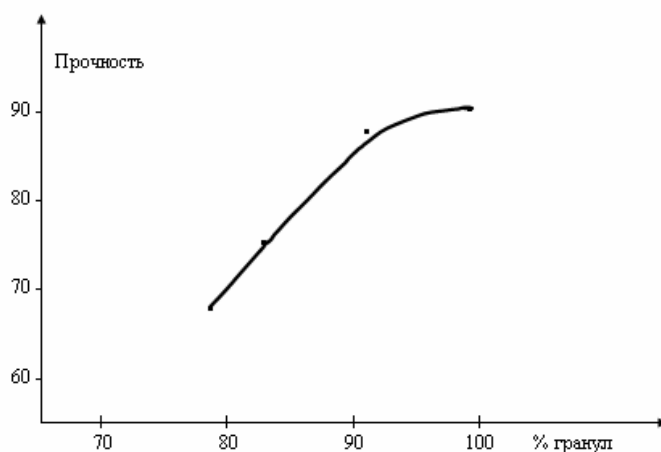


Рисунок 4. Зависимость прочности образца от количества введенного в поверхностный слой щебня.

Проведенные исследования показывают, что наибольшими прочностными показателями обладают образцы асфальтобетона, сформованные из гранулированного асфальтовяжущего, без добавления дополнительных компонентов минеральной части асфальтобетонной смеси. В соответствии с этим в качестве основного варианта использования гранулированного асфальтовяжущего выбран вариант формования материала непосредственно из гранул.

Однако, в соответствии с данными рис.1 экономия битума, а, следовательно, и себестоимости материала происходит при содержании гранул до 40%. Проведенные, но не систематизированные экспериментальные данные показывают, что накатывание асфальтовяжущего на поверхность частиц песка или щебня существенно повышают прочность асфальтобетона с одновременным снижением расхода асфальтовяжущего. Исследования в этом направлении активно проводятся в настоящее время.

образцы, состоящие на 100% из гранулированного асфальтовяжущего. Образование каркаса материала из более крупных зерен частиц минеральной части не приводит к упрочнению материала. Однако эффект упрочнения материала возможен путем введения щебня в поверхностный слой материала покрытия. Для исследования этой возможности был проведен эксперимент.

Образцы асфальтобетона формовались следующим образом. Основная часть образца асфальтобетона состояла из гранулированного асфальтовяжущего. В верхнюю часть материала вводились зерна щебня, смоченного битумом. Далее проводилось формование образцов с дальнейшим их испытанием на прочность. Результаты проведенных испытаний приведены на рис.4. По оси абсцисс отложено % содержание гранул в системе, по оси ординат – прочность материала образца. Содержание щебня в материале образца можно определить как 100% минус % содержание гранул.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ОСНОВЕ ГРАНУЛИРОВАННОГО АСФАЛЬТОВЯЖУЩЕГО

Зайцев А.И., Пуговишников П.С.,
Готовцев В.М., Петерсон С.А.
*Ярославский государственный
технический университет*

В Ярославском государственном техническом университете разработан способ «Получения асфальтобетонной смеси», защищенный патентом РФ № 2182136 от 14.10. 1992г. Суть изобретения состоит в создании гранул асфальтовяжущего, полученных способом окатывания. Под асфальтовяжущим понимается смесь порошкообразной фракции асфальтобетона со связующим, в роли которого выступает битум. Простое смешение этих компонентов не позволяет получить значимого результата, свойства которого могли бы отразиться на качестве асфальтодорожного покрытия.

Основным отличительным элементом данного предложения является получение асфальтовяжущего в виде гранул, полученных способом окатывания. Суть способа состоит в том, что порошкообразная

фракция минеральной части асфальтобетона помещается во вращающийся барабан, разогревается до температуры 140 - 150⁰ С и перемешивается со связующим, в роли которого выступает битум. В процессе движения материала вдоль стенок вращающегося барабана происходит образование гранул. Условия данного способа гранулирования гарантируют полное смачивание частиц порошка при обеспечении минимальных толщин связующего между твердыми частицами. Все это обеспечивает получение структуры, обладающей максимальной прочностью. Далее, гранулированный материал, обладая достаточной пластичностью, при определенном давлении сжатия способен деформироваться, создавая практически монолитную структуру материала.

На наш взгляд, долговечность асфальтобетонного покрытия во многом определяется водонасыщением материала. Поверхностный слой асфальтобетона впитывает влагу, которая при дальнейшем замерзании увеличивается в объеме и разрывает материал покрытия. В качестве подтверждения выдвинутой гипотезы служит литой асфальтобетон, который обладает практически нулевым водопоглощением и высокой долговечностью.

Однако такой материал имеет весьма существенный недостаток. При достаточно высокой внешней температуре он разогревается и начинает течь, обра-

зую колеи и ямы под колесами автомобилей. Недостатком литого асфальтобетона является существенная зависимость его свойств от свойств битума, составляющего значительную часть его содержания. Как известно, битум имеет достаточно низкие показатели прочности особенно при повышенной температуре и высокие показатели пластичности.

Совершенно иная ситуация наблюдается при использовании гранулированного асфальтобетона. Гранулирование способом окатывания позволяет получить материал, обладающий повышенными показателями прочности. Независимые испытания образцов асфальтобетона в лаборатории «Угличского ДСУ» показали результаты, оформленные в виде акта.

АКТ испытаний образцов асфальтобетона, полученных из гранулированного асфальтобетона

В качестве исходного материала для образцов использовалось гранулированное асфальтобетонное. Диаметр гранул 2,5-3,0 мм. Содержание материала асфальтобетонного:

- доломитовая мука – 85%;
- битум марки БНД – 90 – 120 - 15%.

Образцы асфальтобетона были приготовлены из гранулированного материала путем его разогрева и прессования в соответствии с ГОСТ 12801-84. Прессование проводилось без дополнительного введения битума для смачивания гранул.

Таблица 1. Результаты испытаний приведены в таблице

Наименование показателей	Результаты испытаний	Требования ГОСТ 9128-97
1. Водонасыщение %	0,3	1,5 – 4,0
2. Плотность [г/см ³]	2,23	-
3. Предел прочности при 20 ⁰ С [кгс/см ²]	90,0	Не менее 22,0
4. Предел прочности при 50 ⁰ С [кгс/см ²]	31,0	Не менее 11,0
5. Коэффициент водостойкости	1,03	Не менее 0,75

Заключение: асфальтобетонная смесь соответствует требованиям ГОСТ -9128-97 к плотной м/з тип «В III», пригодна для устройства асфальтобетонного покрытия.

Результаты испытаний показывают, что материал, приготовленный из гранул асфальтобетонного позволяет получить асфальтобетонное покрытие, существенно превышающее требования ГОСТ по прочностным показателям и показателям водостойкости. Как показывают данные таблицы, прочностные показатели нового материала более чем в три раза превышают минимальные требования ГОСТ к прочности образцов на сжатие. Отметим, что прочность образцов асфальтобетона указанного типа при 20⁰ С, выпускаемого традиционным способом на Угличском ДСУ, лежит в пределах 25-27 кгс/см².

Особо следует отметить показатели материала, отражающие его способность противостоять воздействию влаги. Так водонасыщение материала составляет 0,3%, что означает минимальное потребление влаги

и гарантирует высокие показатели долговечности материала. Коэффициент водостойкости материала больше единицы, что свидетельствует о повышении прочности материала при его насыщении водой. Подобный феномен был в свое время отражен в литературных источниках [1], но до настоящего времени не нашел должного практического применения. Научного обоснования этого эффекта до сих пор не получено.

Использование гранулированного асфальтобетонного не требует его предварительного смачивания битумом для обеспечения связи между гранулами.

Разогревание материала до 140-150⁰ С приводит к выделению на поверхности гранул материала свободного битума или его компонент, обладающих повышенными «склеивающими» данными. В соответствии со сказанным появляется возможность доставки и укладки холодного гранулированного материала к месту использования, его разогреву на месте до температуры 130-140⁰ С с дальнейшим уплотнением.

Предложенная технология использования гранулированного асфальтовяжущего может быть использована для создания верхнего слоя асфальтобетонного покрытия наиболее подверженного воздействию внешних силовых факторов, а также воздействию климатических условий той или иной природной зоны. При этом предполагается создание верхнего слоя асфальтобетона толщиной 4-5 см, который может быть уложен на слой традиционного асфальтобетона. Использование предложенной технологии может существенно повысить долговечность асфальтобетонного покрытия, что представляет непосредственный интерес для владельцев частных автодорог.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Л.Б. Гезенцевей. Асфальтовый бетон из активированных минеральных материалов. – М.: Изд-во по строительству, 1971. – 255 с.

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ПЕРВОГО РОДА БЛИЗКОГО КО ВТОРОМУ

Косова Е.Н., Лебедев В.И.
Северо-Кавказский государственный
технический университет,
Ставрополь

Микроскопические методы исследования структурных фазовых переходов (СФП), показали, что мягкая мода прекращает свое смягчение и возникает узкий центральный пик, свидетельствующий о появлении переходной области и появлении ближнего порядка, проявляющегося в кластерах. Поэтому представляется весьма актуальным аналитическое описание СФП с образованием кластеров новой структуры.

Предлагается модель $\{j^3 j^4\}$ описания структурных фазовых переходов первого рода близких ко второму роду с помощью гамильтониана связанных ангармонических осцилляторов:

$$H = \sum_i \left\{ \frac{p_i^2}{2m} + V_1(R_i) \right\} + \frac{1}{2} \sum_{1 \leq i < j \leq N} V_2(R_i, R_j) \quad (1)$$

в поле несимметричного одночастичного двухъямного потенциала:

$$V_1(R_i) = \frac{A}{2} R_i^2 - \frac{D}{3} R_i^3 + \frac{B}{4} R_i^4. \quad (2)$$

В зависимости от соотношения параметров данный потенциал может принимать симметричную форму и описывать непрерывный СФП или асимметричный и тогда, описывать СФП первого рода близких ко второму. Парный потенциал с силовыми константами определяет взаимодействие активных при СФП атомов в соседних ячейках.

Гамильтониан (1) описывает «быстрые» степени свободы, характеризующие движения частиц в фоновых модах и «медленные» степени свободы, которые проявляются в кластерах. Для их описания используется формула:

$$l_s \cong 0, l_{ms} = \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 - 4 \frac{AB}{D^2}} \right] \frac{D}{B},$$

где l_i – среднее равновесное положение ячейки, которое при фазовом переходе зависит от температуры и может быть вычислено как для метастабильной фазы в низкотемпературной области, так и в стабильной фазе в высокотемпературной области.

В случае, если энергия вибрационного движения атома меньше энергии одночастичного барьера, имеем низкотемпературную фазу. Атомы активные при фазовом переходе располагаются в более глубоком минимуме. В функции распределения равновесных положений атомов, имеется один острый пик, который указывает, что атомы находятся в низкотемпературной фазе и одинаково смещены в двухъямном потенциале.

При увеличении температуры становится возможным заполнение другой ямы, что означает появление кластеров другой фазы в старой фазе и тогда имеем метастабильную фазу. При дальнейшем увеличении температуры энергия атомов увеличивается, и при переходе в критической точке покидают минимум и переходят в стабильную фазу. Функция распределения равновесных положений имеет один пик с центром в нуле и это означает, что частицы в высокотемпературной фазе находятся выше горба двухъямного потенциала. При переходе из низкотемпературной фазы в стабильную в критической точке происходит скачек температурной зависимости среднего равновесного положения.

Гамильтониан (1) приближенно можно представить в виде суммы двух эффективных гамильтонианов для нелинейных возмущений типа доменных стенок H_k и фононов H_ϕ с коэффициентами перенормировки, учитывающие кинк-фононное взаимодействие. Обоснованием разделения переменных в (1) является большая разница для характерных времен фоновых и кинковых возмущений системы $H = H_0 + H_k + H_\phi$.

В модели $\{j^3 j^4\}$ параметром порядка является среднее смещение атома из своего положения в узле решетки. Поведение параметра порядка с изменением температуры имеет характерный вид для фазовых переходов первого рода близких ко второму роду.

В фоновом спектре «мягкой» моды метастабильной фазы имеется сдвиг относительно спектра фононов в стабильной фазе за счёт кластеров с различной симметрией, а квадрат её частоты испытывает типичный для СФП первого рода скачок при температуре СФП.

Аналитический расчет теплоемкости дает типичную для теории Ландау и теории среднего поля картину скачков теплоемкости для разных фаз, и частично учитывает вклад флуктуаций параметра порядка вблизи температуры перехода и дает слабую I -зависимость теплоемкости.

Для описания кинковой подсистемы на основе гамильтониана (1) получено уравнение Эйлера-Лагранжа, которое дает солитоноподобное решение. Наличие отрицательных значений энергии солитонов указывает на энергетическую выгоду системе образовывать солитоны в этой области температур.