

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»

Кафедра автомобильных и железных дорог

## **Физическая химия в дорожном материаловедении**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности  
270205.65 – Автомобильные дороги и аэродромы

Белгород  
2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»

Кафедра автомобильных и железных дорог

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

## **Физическая химия в дорожном материаловедении**

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности  
270205.65 – Автомобильные дороги и аэродромы

Белгород  
2011

УДК 541.18 (075)

ББК 28.071я7

Ф - 12

Составители: д-р техн. наук, проф. В.В. Ядыкина

канд. техн. наук, доц. М.А. Высоцкая

Рецензент канд. техн. наук, доц. Д.А. Кузнецов

**Основы физико-химической механики. Методические указания.** - Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. – 22 с.

Данные методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы физико-химической механики» дают возможность студентам закрепить практически знания, полученные во время лекционного курса, и методы испытаний строительных материалов, исследовать влияния добавок на свойства битумов и цементно-песчаных смесей, определить качество битумных эмульсий.

Методические указания предназначены для студентов специальности 270205.65.

**УДК 541.18 (075)**

**ББК 28.071я7**

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В.Г. Шухова, 2011

## Содержание

Лабораторная работа № 1. Влияние природы минеральных материалов на сцепление и битумом и физико-механические характеристики асфальтобетона.....

Лабораторная работа № 2. Исследование свойств минеральных порошков различной природы и их влияния на физико-механические показатели асфальтобетона.....

Лабораторная работа № 3. Исследование старения битума и его влияния на физико-механические характеристики асфальтобетона.....

Библиографический список.....

## **Влияние природы минеральных материалов на сцепление с битумом и физико-механические характеристики асфальтобетона**

**Цель работы:** исследовать свойства щебня из различных пород, а также изучить его влияние на физико-механические характеристики асфальтобетона.

**Аппаратура и материалы:** щебень различной природы из гранита, кварцитопесчаника, пород сланцевой толщи, известняка, известняковый минеральный порошок, обезвоженный битум, сита №2 и №0,071, фарфоровая чашка, сетка для кипячения навесок, химический стакан вместимостью 250 мл, фильтровальная бумага, коническая колба, пипетка, раствор красителя метиленового голубого, весы аналитические, встряхивающий столик цилиндрическая чаша (диаметр 55 мм, высота 45 мм), водяная баня, дистиллированная вода, металлическая сетка, весы технические, чаша и лопатка для смешения битума с минеральным материалом.

### ***Основные понятия***

Структура асфальтобетона предопределяется “структурой минерального остова, структурой битума, особенностями взаимодействия минеральных материалов с битумом, плотностью асфальтобетона и особенностями его капиллярно-поровой структуры”/ При этом под структурой минерального остова понимается размер, форма, характер поверхности и относительное расположение минеральных частиц, а под структурой битума - особенности его распределения в асфальтобетоне - соотношение содержания свободного и адсорбированного битума, а также сам характер строения пленок битума на поверхности минеральных зерен. Сцепление битума с минеральными материалами является решающим фактором структурообразования в асфальтобетоне.

Качество сцепления битума с поверхностью минеральных материалов зависит от его чистоты, шероховатости, минералогического состава, превалирующего заряда слагающих частиц, а также вязкости, химического состава и смачивающей способности битума.

Существенное влияние на механизм взаимодействия минерального материала с битумом оказывает пористость зерен щебня. При использовании пористых материалов значительное количество смол концентрируется в поверхностных микропорах, а часть масел за счет избирательной диффузии проникает внутрь материала. Этот процесс,

начинающийся во время объединения минерального материала с битумом, продолжается затем в асфальтобетоне длительное время. В результате этого на поверхности частиц адсорбционные слои битума несколько обедняются смолами и маслами, а вследствие увеличения концентрации асфальтенов, вязкость поверхностных слоев битума возрастает.

Шероховатость минерального материала также оказывает влияние на формирование контакта его с битумом. При увеличении шероховатости поверхности достигается высокие показатели адгезии.

Для обеспечения прочного и устойчивого сцепления битум должен равномерно покрывать тонким слоем поверхность склеиваемых минеральных материалов. Равномерность и полнота покрытия, в свою очередь, зависят от хорошего смачивания битумом минеральной поверхности. Вслед за смачиванием происходит процесс избирательной адсорбции на минеральной поверхности отдельных компонентов битума и, в первую очередь, поверхностно-активных веществ.

Все минеральные материалы как адсорбенты разделяются на основные (или положительно заряженные) и кислые (или отрицательно заряженные). Установлено, что устойчивость контакта битумных пленок с поверхностью минеральных частиц обеспечивается только при возникновении химических связей между ними. В обычных условиях хемосорбционные процессы протекают при взаимодействии лишь некоторых минеральных материалов, преимущественно карбонатных горных пород с активными битумами, характеризующимися достаточным для этого содержанием ПАВ – асфальтогеновых и нафтеновых кислот, ненасыщенных соединений.

В зависимости от природы минерального материала и химического состава битума свойства его тонких слоев изменяются различно. На активной минеральной поверхности (известняк, доломит, мрамор) прочность битума в тонком слое увеличивается с уменьшением его толщины, на инактивной минеральной поверхности (гранит, кварц) прочность битума с уменьшением толщины слоя мало изменяется.

Исследованиями установлено, что на поверхности твердых минеральных материалов, в том числе кремнеземсодержащих, имеются кислотные и основные центры Льюисовского и Бренстедовского типов, которые определяют ее активность по отношению к вяжущим, и способность обеспечивать прочные адгезионные контакты между поверхностью минеральных и вяжущих материалов.

В качестве минеральных составляющих асфальтобетонных смесей допускается использование техногенного сырья, которое часто отличается от традиционного по химическому и минералогическому составу. Исследование отходов КМА показали, что они обладают повышенным энергетическим потенциалом. В кварцитопесчанике,

например, это обусловлено присутствием метаморфогенного кварца с дефектной структурой, что отразилось на состоянии его поверхности. Установлено, что на поверхности кварцитопесчаника содержится большое количество активных адсорбционных центров. Несмотря на то, что эта порода является кислой (в ее состав входит более 90%  $\text{SiO}_2$ ), обеспечивается прочное сцепление ее поверхности с битумом. Это положительно отражается на физико-механических характеристиках асфальтобетона.

Таким образом, очевидно, что для получения качественного и прочного асфальтобетона необходимо, чтобы на границе раздела «щебень - битум» протекали необратимые хемосорбционные процессы, способствующие значительному улучшению их сцепления. Это особенно важно при использовании в асфальтобетонных смесях минеральных материалов техногенного происхождения, обладающих рядом особенностей в сравнении с традиционными минеральными компонентами асфальтобетона.

### *Ход работы*

#### *1. Исследование сцепления щебня с битумом*

Крупный заполнитель оказывает влияние на формирование структуры и свойств асфальтобетона через такие характеристики, как прочность зерен, зерновой состав, содержание зерен слабых пород, зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, истираемость, морозостойкость, содержание пылевидных и глинистых частиц, а также вредных примесей, включая органические. Таким образом, для обоснования возможности применения того или иного материала в качестве щебня для асфальтобетонных смесей необходимо в первую очередь определить его свойства, регламентируемые ГОСТ 9128-97.

Известно, что щебень в составе асфальтобетона выполняет роль каркаса, воспринимающего и распределяющего нагрузку от движущихся по покрытию автомобилей. В результате тонкие битумные слои на поверхности щебня могут смещаться и отслаиваться как в процессе перераспределения напряжений на нижние слои покрытия, так и от воздействия воды, что это влечет за собой нарушение сплошности структуры асфальтобетонного покрытия и уменьшение сроков его службы за счет выкрашивания наполнителя, образования выбоин и ям. Для предотвращения этих негативных факторов щебень должен обладать высокими показателями сцепления при взаимодействии с битумом.

В настоящее время кроме метода рекомендуемого ГОСТ 22245-90, существует ряд методик количественного определения сцепления

минерального материала с битумом, а также качества сцепления непосредственно в составе асфальтобетона.

В процессе выполнения лабораторной работы адгезию битума к каменному материалу необходимо оценить различными методами:

1. Визуальное исследование адгезионной способности щебня по методике ГОСТ 22245-90.
2. Определение сцепления методом красителей;
3. Определение сцепления весовым методом.

### ***Определение сцепления методом красителей***

Метод заключается в отслаивании битумной пленки от поверхности минерального материала под воздействием воды и определении величины покрытой битумом поверхности материала по адсорбции красителя метиленового голубого, обладающего способностью избирательно адсорбироваться на поверхности материала, не адсорбируясь на битуме.

Для испытания используется отсев дробления. Битум обезживается. Промытые и высушенные образцы минеральных материалов просеиваются через сита 2 и 0,071 мм. Составляется смесь: 20% мельче 0,071 мм, 80% фракции 2 - 0,071 мм. После чего в фарфоровую чашку отвешивается 50 г приготовленного материала, нагретого до 100 - 160°C при смешивании с вязкими битумами и до 60 - 100°C – с жидкими, добавляется 4,5 г битума, производится тщательное перемешивание.

Смесь минеральных материалов с битумом порциями по 15-20 г помещается на сетку, опускается в стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятится 30 мин. при испытании вязких битумов и 3 мин. – жидких. Отделившийся и всплывший на поверхность воды битум удаляется фильтровальной бумагой.

После кипячения смесь переносится на фильтровальную бумагу, распределяется тонким слоем и просушивается на воздухе в течение суток. Мелкие частицы, осевшие при кипячении на дно стакана, присоединяются к основной смеси.

Высушенная на воздухе смесь просеивается через сито с отверстиями 2 мм без протирания.

В одну коническую колбу отвешивается  $8,5 \pm 0,01$  г битумо-минеральной смеси, в другую –  $8 \pm 0,01$  г сухого материала. В каждую колбу пипеткой добавляют 100 мл раствора метиленового голубого. Исходная концентрация красителя - 0,02 мг/мл.

Точность взвешивания до 0,0002 г. Содержимое колб взбалтывается в течение 30 мин на столике для встряхивания ЭКРОС – 6410 м.



Определение проводится на трех параллельных образцах смеси и трех образцах минерального материала без битума.

Раствор отделяли от минерального материала центрифугированием и с помощью фотометра КФК-3 определяли его равновесную концентрацию.

Затем, по адсорбции красителя метиленового голубого определяли начальную поверхность, покрытую битумом, и поверхность, покрытую битумом после выдерживания образцов в кипящей воде в течение 30 мин.

Исследованиями Колбановской А.С. установлено, что сорбция красителя наиболее интенсивно происходит в первые минуты опыта и достигает максимального значения в течение первых 30 минут, поэтому для достижения условного адсорбционного равновесия с учетом особенностей исследуемых материалов битумо-минеральный материал и раствор красителя встряхивали 30 минут. Адсорбцию красителя рассчитывали по формуле 1.1.

Величину адсорбции вычисляли по формуле:

$$q = \frac{(C_1 - C_2)V}{m} \frac{\text{мг красителя}}{\text{г материала}}, \quad (1.1)$$

где  $C_1$  - исходная концентрация, мг/мл;  $C_2$  - равновесная концентрация, мг/мл;  $V$  - объем раствора, мл;  $m$  - навеска материала, г.

Отношение величины адсорбции красителя поверхностью битумированного материала  $q$  к величине адсорбции поверхностью исходного минерального материала  $q_0$  дает долю “открытой” поверхности, которая определяется по формуле 1.2.

$$S_0 = \frac{q}{q_0} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

где  $q$  – адсорбция красителя поверхностью битумированного материала;  
 $q_0$  - адсорбция красителя поверхностью исходного минерального материала.

Относительная поверхность, покрытая битумом, определяется по формуле 1.3.

$$S_n = 100 - S_0 \quad (1.3)$$

Результаты заносятся в табл. 1.1.

*Определение сцепления весовым методом*

Весовой метод определения сцепления битума с минеральными материалами заключается в определении способности вязкого битума удерживаться на предварительно покрытой им поверхности минерального материала при воздействии воды.

Для приготовления битумоминеральной смеси в две фарфоровые чашки отвешивается по 30 г исследуемых материалов с погрешностью не более 0,1 г и по 1,2 г битума, с погрешностью не более 0,01г. Чашки выдерживаются в течение 20 мин. в термостате при 120-140°C, после чего они вынимаются из термостата и производится тщательное перемешивание минеральных материалов с битумом до полного обволакивания их поверхности. Готовая смесь перед испытанием выдерживается при комнатной температуре в течение 20 мин.

На следующем этапе эксперимента на металлическую из одной чашки выкладывается примерно половина предварительно взвешенной (до пятого знака) подготовленной битумоминеральной смеси ( $m_1$ ). Сетка опускается в стакан с кипящей дистиллированной водой. Аналогичная операция проводится с битумоминеральной смесью из второй чашки.

Сетки с испытуемыми образцами выдерживаются в кипящей воде в течение 30 мин. Кипение воды не должно быть бурным. Битум, отделившийся от смеси и всплывший на поверхность воды в процессе кипячения, удаляется фильтровальной бумагой. Сетки с испытуемым материалом по окончании кипячения помещаются в стаканы с холодной водой, где их выдерживают в течение 3-5 минут.

После этого смеси переносят на фильтровальную бумагу до полного высыхания. Высушенный прокипяченный материал снова взвешивается ( $m_2$ ). По результатам взвешиваний определяется количество битума на поверхности минерального материала, %.

$$S_n = \frac{m_2 100}{m_1}, \quad (1.4)$$

где  $m_1$  – масса навески битумоминеральной смеси до кипячения, г;  
 $m_2$  – масса навески битумоминеральной смеси после кипячения, г.

Полученные результаты заносятся в табл. 1.1.

Кроме рассмотренных методов по исследованию адгезионных процессов в системе «битум – минеральный материал» на границе их раздела существуют методы, основанные на определении приложенного внешнего усилия, под действием которого в адгезионном соединении возникают нормальные и тангенциальные напряжения, приводящие к разрушению связей. В этом случае качество сцепления битума и щебеночной составляющей оценивается при исследовании реальных асфальтобетонных образцов, при этом система битум - минеральный

материал характеризуется не только величиной адгезии, но и типом разрушений связи между компонентами. Эти методы с достаточной степенью точности могут характеризовать процессы структурообразования в битуме под влиянием поверхности минерального материала.

К методам данной группы относятся: определение сцепления бразильским методом и методом Маршалла. Так как этим испытаниям предшествует приготовление образцов асфальтобетона, то более детально они будут изложены ниже. Исследования по методу Маршалла позволяют определять сдвигоустойчивость композита, в свою очередь этот показатель является объективной характеристикой структурирующей способности минерального порошка, потому данный метод будет рассмотрен в лабораторной работе №2.

Результаты испытаний по бразильскому методу также заносятся в табл. 1.1.

Таблица 1.1

*Адгезионная способность минеральных материалов различной природы*

Минеральный материал	Адгезия битума								Показатель сцепления бразильским методом, МПа	
	По методике ГОСТа	Весовым методом, %			Методом красителей, %					
		Масса навески, гр		коэф. адгезионной устойчивости	Концентрация красителя		Адсорбция красителя			Показатель адгезии
		до кипячения	после кипячения		$C_1$	$C_2$	$q_0$	$q$		
Кварцито-песчаник										
Гранит										
Сланец										
Известняк										

Объясняются результаты. Делается вывод о влиянии природы минерального материала на сцепление с битумом и прогноз по поводу физико-механических характеристик асфальтобетона на исследуемых заполнителях.

## *2. Исследование влияния природы щебня на физико-механические показатели асфальтобетона*

На основе данных, полученных при испытаниях минерального материала, подбирается состав асфальтобетонной смеси типа Б в соответствии с требованиями ГОСТ 9128-97,готавливаются образцы асфальтобетона по 18 штук, для каждого вида каменного материала, с использованием щебня из гранита, кварцитопесчаника, сланца и известняка. Часть образцов (6 штук) используется для определения сцепления по бразильскому методу, остальные – для физико-механических характеристик.

В соответствии с методикой, приведенной ниже, оценивается сцепление щебня с битумом на основе испытания образцов асфальтобетона типа Б по бразильскому методу.

### ***Определение сцепления бразильским методом***

Сущность метода заключается в определении максимальных нагрузок стандартных цилиндрических образцов при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии по образующей без специальных обжимных устройств.

Для испытания асфальтобетона на сдвигоустойчивость готовятся образцы в соответствии с ГОСТ 12801-98 стандартные цилиндрические образцы в количестве не менее 6 штук.

Перед испытанием образцы выдерживаются в течение 1 часа при температуре  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  в воде. Скорость деформирования образцов для обеих схем нагружения следует принимать одинаковой и равной 50 мм/мин. Сцепление определяется расчетным путем по формуле 1.5:

$$C_{20} = \frac{1}{2} \sqrt{R_{20} \eta_{20}}, \quad (1.5)$$

где  $R_{20}$  - предел прочности образцов асфальтобетона при сжатии при температуре испытания  $20^\circ\text{C}$ , МПа

$\eta$  - предел прочности образцов асфальтобетона при растяжении при температуре испытания  $20^\circ\text{C}$ .

Полученные результаты заносятся в табл. 1/1 и производится сравнительный анализ экспериментальных данных по определению способности щебня различной природы удерживать на своей поверхности пленки битума под влиянием внешних воздействий.

Определяются физико-механические показатели композита по методикам ГОСТ 12801-98. Полученные результаты испытаний заносятся в табл. 3. Полученные результаты заносят в табл. 1.2.

*Физико-механические характеристики асфальтобетона*

Показатели	Требования ГОСТа	Вид щебня			
		1	2	3	4
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>					
Водонасыщение, %					
Набухание, %					
Предел прочности при сжатии, МПа: температура испытания: + 20°C + 50°C 0°C, не более в водонасыщенном состоянии при +20°C					
Коэффициент водостойкости					
Коэффициент длительной водостойкости					

На конечном этапе лабораторной работы анализируются данные таблиц 1.1 и 1.2, объясняется влияние природы минерального материала на сцепление с битумом и на физико-механические характеристики асфальтобетона. Делается вывод о целесообразности использования того или иного каменного материала при приготовлении асфальтобетонных смесей.

**Контрольные вопросы**

1. От каких факторов зависит сцепление битума с минеральным материалом?
2. В чем различие адсорбции битума на поверхности плотных и пористых материалов?
3. Охарактеризуйте методы определения сцепления битума с минеральными материалами.
4. На каком принципе основано определение сцепления методом красителей?

## **Исследование свойств минеральных порошков различной природы и их влияние на физико-механические показатели асфальтобетона**

**Цель работы:** изучить свойства минерального порошка различной природы и обосновать возможность его применения в технологии приготовления асфальтобетонных смесей для дорожного строительства.

**Аппаратура и материалы:** минеральный порошок (известняковый, из кварцитопесчаника, известьсодержащий), щебень, обезвоженный битум, фарфоровая чаша, масло техническое, прибор Вика, дистиллированная вода, пикнометр, набор сит, острый конус, бюксы, фотоколориметр марки КФК-3, раствор фенолфталеина, бензол.

### ***Основные понятия***

Особая роль в процессах структурообразования битума в асфальтобетонной смеси принадлежит минеральному порошку – полидисперсному материалу, на долю которого приходится до 90-95% суммарной поверхности минеральных зерен, входящих в состав композита. Объединяясь с битумом, микронаполнитель образует бинарную систему "битум – минеральный порошок".

Впервые о роли минерального порошка как структурной составляющей, образующей совместно с битумом "асфальтовяжущее вещество", сцепляющее минеральные зерна, заговорил еще в 1922 году П.В. Сахаров. Придавая большое значение роли минерального порошка в асфальтобетоне, он предложил именовать его "асфальтирующей добавкой" к битуму, а в качестве минерального порошка рекомендовал применять продукт измельчения естественных асфальтовых пород - асфальтовый порошок.

Установлено, что тонко измельченный материал не просто наполнитель пустоты, - он действует в качестве модификатора битумного связующего. В результате такой модификации происходит увеличения числа точек контакта между частицами и повышается прочность дорожного покрытия. Основное назначение минерального порошка – перевод битума в пленочное состояние.

В большинстве случаев практического использования битумы при смешивании с минеральными наполнителями различного типа, способны к образованию первичной или вторичной коагуляционной структуры, прочность которой в значительной степени обуславливается свойствами минерального порошка

При определенном соотношении «битум–минеральный порошок» достигается наивысшая прочность структурированной дисперсной системы, образуемой этими материалами. В результате повышается сопротивление битума ударным нагрузкам, увеличивается плотность получаемой массы, а также возрастает прочность при напряжениях сдвига и сжатия, снижается хрупкость. Микронаполнители дают возможность регулировать деформацию и уменьшать оседание полотна дорог.

По мнению И.В. Королева, наиболее химически активные компоненты битума находятся в смолисто-асфальтовых образованиях, реакционная способность которых блокирована инертной масляной оболочкой. В связи с этим адгезионная способность битума обычно не реализуется полностью при взаимодействии его с минеральными материалами. Используется лишь часть реакционно-химического потенциала асфальтогеновых кислот и их ангидридов, которые хорошо взаимодействуют с минеральными материалами из основных горных пород и индифферентны по отношению к кислым горным породам. В этом случае знак заряда поверхности твердых частиц порошка имеет решающее значение, так как в органическом вяжущем содержатся в основном анионоактивные вещества.

Существует определенное разделение всех минеральных материалов, в том числе и минеральных порошков, как адсорбентов на основные (или положительно заряженные) и кислые (или отрицательно заряженные).

Исследования показали, что чем слабее выражены положительные заряды на поверхности частиц порошка, тем выше должна быть его дисперсность для получения аналогичного структурирующего эффекта. При этом степень структурирования органического вяжущего будет зависеть от химико-минералогического состава и энергетической активности минерального порошка, а также структуры его частиц. В связи с этим, порошки первого типа, имеющие положительный заряд поверхности, предложено называть активными по отношению к органическому вяжущему, второго типа – с отрицательным зарядом поверхности – инактивными. Поэтому минеральный порошок для асфальтобетона в соответствии с требованиями ГОСТ 52129-2003, представляет собой продукт тонкого измельчения известняков, доломитов и других карбонатных горных пород. Отечественный и зарубежный опыт строительства асфальтобетонных покрытий подтверждает высокое качество этих порошков. В настоящее время их дефицит приводит к тому, что используются порошки, полученные помолотом других горных пород или промышленных отходов. Находят применение также цемент, цементная пыль, металлургический шлак,

золы, пыль уноса асфальтобетонных заводов и другие пылевидные материалы

Чтобы обосновать возможность применения подобных порошков в битумоминеральных смесях без ухудшения их свойств, необходимо разобраться в механизме взаимодействия между минеральным порошком и органическим вяжущим. В основном контакт происходит по поверхности раздела фаз, поэтому для понимания структуры и механизма взаимодействия минерального порошка с органическим вяжущим необходимо изучение свойств поверхностных слоев.

Как уже отмечалось, значимыми характеристиками дисперсных частиц являются свободная поверхностная энергия (энергетическое состояние поверхности), а так же лиофильность и геометрические параметры. На корреляцию между энергетическим состоянием поверхности микронаполнителя и качеством адгезионных контактов при взаимодействии его с битумом указывала Рыбьева Т.Г. На основании этого было предложено классифицировать порошки не по активности, а по энергетической способности. Согласно классификации, группа минеральных порошков с высоким положительным потенциалом и большим количеством адсорбционных центров в виде катионов  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  на поверхности частиц в число которых входят: кальцит, доломит, известняк – относятся к преимущественно положительным; кварц, гипс, каолинит, кремьень, гранит, трахит, вулканический туф, содержащие значительное количество адсорбционных центров на поверхности частиц в виде ионов кислорода  $\text{O}^{-2}$ , отнесены к минералам с высоким потенциалом отрицательного знака. Также, в связи с наличием на поверхности некоторых частиц компенсирующих катионов различной валентности  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Fe}^{+3}$  и др., отмечается наличие групп минеральных порошков с пониженным потенциалом отрицательного знака - полевые шпаты, мусковит, роговая обманка, авгит, асбест, габбро, диабаз и др.; отдельно выделена группа минеральных порошков с преимущественно нейтральной поверхностью частиц - тальк, графит и др.

Порошки с высоким положительным потенциалом поверхности (кальцит, известняк, доломит) являются относительно гидрофобными; порошки с высоким отрицательным потенциалом поверхности (кварц, кремьень, гранит и его аналоги и др.) являются высокогидрофильными; степень гидрофильности порошков с пониженным отрицательным потенциалом поверхности (роговая обманка, диабаз, габбро и др.) определяется содержанием и природой компенсирующих катионов; порошки с нейтральной поверхностью (тальк, графит и др.), являясь гидрофобными, тем не менее, способствуют гидратации систем посредством сольбилизации.



Наиболее простым способом повышения сцепления минеральных порошков с битумом является введение поверхностно-активных добавок в асфальтобетонную смесь, позволяющее при рационально подобранной концентрации ПАВ существенно расширить номенклатуру применяемых пород для получения минеральных порошков, используемых в дорожном строительстве, а также внедрить в процесс приготовления асфальтобетонных смесей местные отходы промышленности.

Одним из эффективных приемов повышения адгезионной активности минеральных порошков по отношению к органическим вяжущим является предварительная физико-химическая активация их поверхности, заключающаяся в нейтрализации кислотных свойств поверхностного слоя частиц минерального порошка за счет введения положительных ионов при его обработке оксидами тяжелых и щелочноземельных металлов, а также различными активаторами, например, известью.

Однако в последнее время высказывается мнение о том, что кроме традиционных свойств, минеральные порошки, для проявления высокой структурирующей способности, должны обладать значительной химической и гидравлической активностью. В работе М.А. Высоцкой показано, что минеральные порошки, содержащие до 40% извести (СаО) (ГОСТ Р 52129-2003 регламентирует до 3%) оказывают положительное влияние на свойства асфальтобетона за счет повышения сцепления с битумом, увеличения структурирующей способности известьсодержащего минерального порошка по сравнению с карбонатным. При водонасыщении происходит также упрочнение структуры органоминерального композита путем армирования ее новообразованиями и кольматацией ими пор, что приводит к повышению прочности и долговечности асфальтобетона.

### *Ход работы*

#### *1. Исследование свойств минеральных порошков*

Для обоснования целесообразности применения в дорожном строительстве того или иного вида минерального порошка необходимо: во-первых, установить его марку (МП-1, МП-2), далее произвести исследование его свойств по стандартным методикам ГОСТ Р 52129-2003. В соответствии с нормативным документом определяются:

- гранулометрический состав минеральных порошков;
- истинная и средняя плотности;
- содержание СаО+MgO в составе наполнителя;

- битумоёмкость различных минеральных порошков;
- готовятся образцы асфальтовяжущего из смеси битума и минерального порошка для определения водостойкости.

Полученные результаты испытаний заносятся в табл. 2.1.

Как уже отмечалось, минеральный порошок выполняет роль структурирующего компонента в составе асфальтобетона, поэтому очевидно, что в случае научного подхода к выбору микронаполнителей для органоминеральных композитов необходимо исследовать их структурирующую способность, а также адсорбционную способность их поверхности, исследовать которую наиболее эффективно методом десорбции битума.

Для исследования структурирующей роли минерального порошка определяются реологические показатели смесей битума с минеральным порошком методом конической пластометрии, а также в составе асфальтобетона методом Маршалла. В качестве объективной характеристики механической прочности системы используется предельное напряжение сдвига.

*Таблица 2.1*

*Свойства минеральных порошков*

Минеральный порошок	Гранулометрический состав	Битумоёмкость, г	Содержание CaO+MgO	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Характеристики асфальтовяжущего вещества		
				Истинная	Средняя	Содержание битума, г	Прочность образцов, МПа	
							До водонасыщения	После водонасыщения
Известняк								
Кварцито-песчаник								
Известь-содержащий								

### ***Исследование структурирующей роли минерального порошка***

Метод основан на кинетике погружения острого конуса в исследуемый материал под действием постоянной нагрузки.

Перед началом эксперимента битум разогревается до температуры 140-160<sup>0</sup>С, в зависимости от его марки, минеральный порошок при тщательном перемешивании вводится в вязущее в количестве 0-80%.

Подготовленное асфальтовяжущее вещество различной концентрации помещают в бюксы высотой 2 см и выдерживают в течение 20 минут при температуре 20°. При этом происходит образование пространственного структурного каркаса, при котором реологические свойства зависят от свойств адсорбционно-сольватных оболочек в местах контакта и их количества. Затем конус приводят в соприкосновение с поверхностью исследуемого материала, к которому приложена нагрузка и определяется глубина погружения конуса в исследуемый материал.

При погружении конуса в испытуемый материал под влиянием определенной нагрузки ( $P$ ) происходит постоянное изменение напряжения сдвига. Оно изменяется от максимального в начальный момент погружения конуса, когда скорость наивысшая, а вязкость материала наименьшая, в этот момент наблюдается высшая степень разрушения структуры. На завершающей стадии погружения, когда давление конуса полностью уравнивается реактивным напряжением, а скорость перемещения конуса практически равна нулю, действующее напряжение сдвига является минимальным, а вязкость наивысшей и характерной для этого материала при полностью сохранившейся его структуре.

Структура минерального порошка оказывает большое влияние на механические свойства смесей с битумом. Если при взаимодействии с битумом минеральные порошки изменяют его групповой состав и при определенных концентрациях создают упругие пленки, то и смеси проявляют достаточно высокие показатели пластической прочности. Если же минеральный порошок не вызывает подобных изменений в битуме, то и смеси имеют низкую пластическую прочность.

Предельное напряжение сдвига определяется по формуле:

$$\rho_s = k \frac{P}{h^2} \quad (2.1)$$

где  $P$  – нагрузка, кг;  $h$  – глубина погружения конуса, см;  $k$  – постоянная конуса, зависящая от его угла при вершине ( $\alpha$ ).

$$k = \frac{1}{\pi} \cos^2 \frac{\alpha}{2} \operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} \quad (2.2)$$

На основе полученных данных строится график (рис. 2.1).

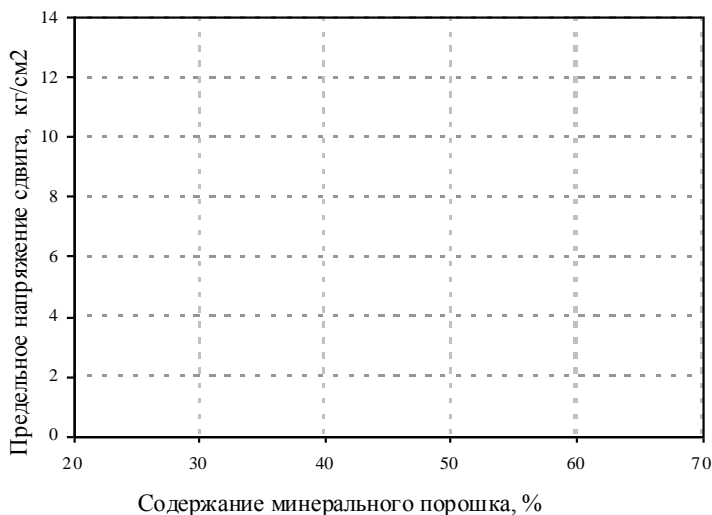


Рисунок 2.1 - Влияние вида и содержания минерального порошка на предельное напряжение сдвига в асфальтовязущем веществе

Рисунок отображает зависимость предельного напряжения сдвига от содержания минерального порошка в смеси. Концентрация порошка, при которой происходит образование пространственной структурной сетки, называется структурообразующей, на графике ей будет соответствовать перегиб кривой зависимости.

### ***Метод адсорбции-десорбции битума бензолом поверхностью материала***

Сущность метода заключается в определении активности минеральной поверхности и вяжущего.

Для определения величины адсорбции минеральными порошками битума предварительноготавливаются растворы битума различной концентрации, оптическая плотность начальных рабочих растворов определяется с помощью фотоколориметра марки КФК-3.

Растворение битума осуществляется в химически чистом неполярном бензоле 4-х различных концентраций: 1 г/литр, 3 г/литр, 6 г/литр, 9 г/литр. В стеклянные колбы с притертыми пробками емкостью 200 мл помещаются навески испытуемых минеральных порошков массой по 10 г, которые заливаются 100 см<sup>3</sup> бензольных растворов принятых концентраций. После осуществляется встряхивание этих растворов на специальной установке в течение одного часа.

После встряхивания колбы с содержимым оставляются в покое на 24 часа, затем из каждой колбы отбирается часть раствора и центрифугируется до полного оседания частиц порошка, в течение 5 минут при скорости 200-300 об/мин. Из центрифугированных растворов отбираются пробы, для которых определяется концентрация битума с помощью фотоколориметра марки КФК-3.

Величина адсорбции вычисляется по формуле:

$$A = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{1000 \cdot m}, \quad (2.3)$$

где  $C_0$  - начальная концентрация раствора,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $C$  - равновесная концентрация,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $V$  - объем раствора,  $\text{м}^3$ ;  $m$  - масса порошка,  $\text{кг}$ .

Количество битума, химически связанного с поверхностью порошков, определяется по разности величин адсорбции и десорбции адсорбированного битума. Десорбция производится в аппарате Сокслета чистым бензолом до полного осветления растворителя.

По количеству битума оставшегося на поверхности минеральных частиц после десорбции, можно судить об активности взаимодействия минеральной поверхности и вяжущего.

Полученные результаты оформляются в виде графика зависимостей адсорбции-десорбции битума из растворов в зависимости от их концентрации рис. 2.2.



Рисунок 2.2 - Изотермы адсорбции-десорбции битума минеральными порошками

После исследования свойств минеральных порошков делается предварительный вывод об их пригодности и допустимости использования в технологии приготовления асфальтобетонных смесей.

## *2. Исследование влияния минеральных порошков на физико-механические показатели асфальтобетона*

На основе полученных данных подбирается состав асфальтобетонной смеси типа Г в соответствии с ГОСТ 9128-97, приготавливаются образцы асфальтобетона на исследуемых минеральных порошках из известняка, кварцитопесчаника и известьсодержащем, после чего определяются физико-механические показатели композита по методикам ГОСТ 12801-98.

Для выявления структурирующей роли минерального порошка в составе органоминеральных композитов проводятся исследования образцов асфальтобетона типа Г по схеме Маршалла.

Результаты, полученные в процессе исследования влияния вида минерального порошка на физико-механические показатели асфальтобетона заносятся в табл. 2.2.

### ***Определение сцепления методом Маршалла***

Сущность метода заключается в определении максимальных нагрузок и соответствующих предельных деформаций стандартных цилиндрических образцов при двух напряженно-деформированных состояниях: при одноосном сжатии и при сжатии специальным обжимным устройством по схеме Маршалла.

Для испытания асфальтобетона на сдвигоустойчивость готовятся в соответствии с ГОСТ 12801-98 четное число стандартных цилиндрических образцов в количестве не менее шести штук.

Перед испытанием образцы выдерживаются в течение одного часа при температуре  $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$  в воде. Половина образцов предназначена для испытания по первой схеме нагружения, другая половина — по второй. Скорость деформирования образцов для обеих схем нагружения принимается одинаковой и равной 50 мм/мин.

Для каждого образца, испытанного на одноосное сжатие и на сжатие по схеме Маршала, вычисляется работа  $A$ , затраченная на разрушение, коэффициент внутреннего трения асфальтобетона  $\text{tg } \varphi$ . Лабораторный показатель сцепления при сдвиге  $C_d$  определяется расчетным путем по формулам:

$$\dot{A} = \frac{P_1}{2}, \quad (2.4)$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка, кН;  $l$  - предельная деформация, мм.

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{3 A_m - A_c}{3 A_m - 2 A_c} \quad (2.5)$$

где  $A_m$ ,  $A_c$  - средняя работа деформирования образцов асфальтобетона при испытании по схеме Маршалла и при одноосном сжатии, Дж.

$$C_{л} = \frac{1}{6} R_c - 2 \operatorname{tg} \varphi R_c, \quad (2.6)$$

где  $R_c$  - предел прочности при одноосном сжатии, МПа.

Таблица 2.2

*Физико-механические характеристики асфальтобетона*

Показатели		Требования ГОСТа	Вид минерального порошка		
			1	2	3
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>					
Водонасыщение, %					
Набухание, %					
Предел прочности при сжатии, МПа: температура испытания: + 20°C + 50°C 0°C, не более в водонасыщенном состоянии при + 20°C					
Коэффициент водостойкости					
Коэффициент длительной водостойкости					
Сцепление при сдвиге по Маршаллу	разрушающая нагрузка, кН				
	предельная деформация, мм				
	коэффициент внутреннего трения асфальтобетона				
	показатель сцепления при сдвиге, МПа				

На завершающем этапе выполнения работы необходимо проанализировать графические данные, а также результаты таблиц. Произвести сравнительный анализ и сделать вывод о целесообразности использования минерального порошка той или иной природы при приготовлении асфальтобетонных смесей

## Контрольные вопросы

1. Какова роль минерального порошка в структурообразовании асфальтобетона?
2. Объясните различия во взаимодействии битума с минеральными порошками из кислых и основных пород.
3. Чем объясняются высокие физико-механические характеристики асфальтобетона на известьсодержащих минеральных порошках?
4. В чем заключается сущность определения сцепления методом адсорбции-десорбции минеральными порошками битума из бензольных растворов?

### Лабораторная работа № 3

#### Исследование старения битума и его влияния на физико-механические характеристики асфальтобетона

**Цель работы:** изучить характеристики битумов различных марок, исследовать их влияние на физико-механические характеристики, а также долговечность асфальтобетонов для дорожного строительства.

**Аппаратура и материалы:** обезвоженный битум, цилиндрическая чаша (диаметр 55 мм, высота 45 мм), водяная баня, плоскодонный сосуд, пенетромтр, латунные вкладыши формы «восьмерки», дуктилометр, прибор «Кольцо и шар» (КИМ), термометр.

#### Основные понятия

Битумы – органические вещества, содержащие в своем составе смесь высокомолекулярных соединений углеводов и их производных, включающих серу, кислород, азот, а также металлы (железо, никель, натрий и т.д.). Основными элементами, образующими битум являются: углерод 75-85%, водород в количестве не более 15%, сера в зависимости от природы (полученные в процессе переработки нефтей или природные) от 1,5 до 10%, кислород не более 2,5%. Кислород, сера, азот входят в состав активных функциональных групп: OH, NH, SH, COOH.

Основными группами соединений в битуме различающимися по молекулярной массе и растворимости являются: масла (углеводороды), смолы и асфальтены, в небольших количествах содержатся асфальтогеновые кислоты и их ангидриды, являющиеся наиболее активной составляющей частью битумов и обуславливающие сцепление вяжущего с поверхностью каменного материала. В процессе



воздействия высоких температур в битумах происходит накопление карбенов и карбоидов, влияющих на увеличение вязкости и хрупкости битумов, их содержание – 1-3%.

Твердые углеводороды метанового ряда - парафины, битумы содержащие значительное количество парафинов в своем составе называются парафинистыми. Такие битумы при отрицательных температурах изменяют свои свойства: снижается пластичность, увеличивается хрупкость, это происходит в результате выкристаллизации парафинов, количество которых может достигать в битуме 6-8%. Нафтеновые и ароматические углеводороды при окислении часто переходят в смолы.

Масла – наиболее легкая часть битумов. Это жидкости высокой вязкости, которые придают битумам подвижность и текучесть, при увеличении их количества снижается вязкость битума, температура размягчения и уменьшается растяжимость. Их содержание в битуме от 45 до 60%.

Смолы – конденсированные циклические системы ароматических, циклопарафиновых и гетероциклических углеводородов связанных между собой короткими алифатическими мостиками-цепями. В составе битумов их содержание колеблется от 20 до 40%. Смолы являются носителями твердости, пластичности и растяжимости битумов, легко изменяются под действием температуры и окислителей. Содержат наибольшее количество неметаллических производных, придающих битуму поверхностную активность, улучшающих его адгезию к каменным материалам с образованием на поверхности водоустойчивых пленок. Под влиянием окислителей и адсорбентов смолы уплотняются с образованием асфальтенов.

Асфальтены – наиболее высокомолекулярная составляющая битумов, при нормальной температуре представляют собой твердые неплавящиеся, хрупкие вещества. Было установлено, что структура асфальтенов характеризуется хорошо организованными полициклическими системами – двумерными дискообразными слоями (гроздьями), которые в кристаллоподобные образования, состоящие из 5-6 слоев. Пластичность и растворимость асфальтенов – свойства определяющие эксплуатационные характеристики битумов.

Асфальтогеновые кислоты и их ангидриды – вещества, относящиеся к поверхностно-активным, их содержание в битумах не более 3%, способствуют стабилизации коллоидной структуры битумов. О присутствии этих веществ судят по кислотному числу, например 0,5 мг КОН и числу омыления.

Согласно коллоидной теории строения дисперсных систем в битумах присутствует три основных компонента: лиофобная часть (асфальтены); лиофильные частицы (смолы), окружающие лиофобные частицы и

защищающие их от слияния; масляная фаза, в ней суспензированы лиофобные частицы.

Другими словами битум – коллоидная система мицелярного строения с находящимся в углеводородной среде ядром из асфальтенов, стабилизированных адсорбционным слоем смол. Асфальтены являются основным структурообразующим элементом, связывающим малые молекулы ароматических углеводородов, способным набухать и частично растворяться в них. Чем длиннее и многочисленнее боковые цепи асфальтенов, тем больше молекул углеводородов они способны удержать, тем больше размер мицеллы. Стабильность подобной системы зависит от межфазных сил, возникающих на поверхности раздела коллоидных частиц (мицелл) с масляной средой.

Исходя из различия в групповом составе и степени пептизации асфальтенов битумы разделяются на три категории – золь, золь-гель и гель. Тип образованной структуры в первую очередь зависит от количества асфальтенов.

Структура «золь» - построена по принципу пространственной агрегации близких по форме молекул имеет неупорядоченную структуру. Содержание асфальтенов в таких системах невелико. Подобная структура характерна для большинства остаточных битумов.

Структура «гель» - в процессе окисления взаимное притяжение асфальтенов возрастает, образуя комплексы, которые слагают пространственную структурную сетку эластичного геля, отдельные элементы которого окружены молекулами растворителя. Содержание асфальтенов в таких битумах достигает примерно 30%. Степень структурирования битумов типа «гель» увеличивается при старении в большей степени, чем у битумов со структурой «золь». В битумах со структурой «гель» присутствует две фазы – каркас и механически захваченное масло – структура упорядочена.

Структура «золь-гель» - промежуточная между упорядоченной структурой «гель» и неупорядоченной «золь». Такие промежуточные системы характеризуются различной концентрацией и характером исходных компонентов, не соединенных между собой и не образующих сплошную структуру.

В работах А.С. Колбановской и В.В. Михайлова было предложено классифицировать структурные типы битумов по содержанию основных компонентов.

Структура I типа – представляет коагуляционную сетку-каркас из асфальтенов, находящихся в слабо структурированной смолами дисперсной среде, которая состоит из смеси парафинафтеновых и ароматических углеводородов. В такой системе асфальтены набухают в ароматических углеводородах и взаимодействуют друг с другом

полярными лиофобными участками через тонкие прослойки дисперсионной среды.

Структура II типа – предельно стабилизированная разбавленная суспензия асфальтенов в сильно структурированной смолами дисперсионной среде. Асфальтены, не связанные и не взаимодействующие друг с другом, адсорбируют смолы, переводя их в пленочное состояние, обладающее повышенной вязкостью и прочностью.

Структура III типа – система в которой отдельные агрегаты асфальтенов находятся в дисперсионной среде, структурированной смолами в значительно большей степени, чем среда битумов I типа, но в меньшей степени чем битумов II типа. Количество асфальтенов в такой системе таково, они могут взаимодействовать своими лиофобными полярными участками поверхности, образуя агрегаты и зародыши коагуляционной структуры. Взаимодействие двух структур – отдельных агрегатов асфальтенов и высокоструктурированных смол, служащих как бы мостиками между ними – особенность этого типа структуры.

В таблице 3.1 представлена классификация структурных типов битумов по А.С. Колбановской с содержанием основных компонентов.

*Таблица 3.1*

*Классификация структурных типов битумов*

Структурный тип битума	Содержание компонентов, % по массе		
	Асфальтенов	Смол	Углеводородов
I	более 25	менее 24	более 50
II	не более 18	более 36	не более 48
III	21-23	30-34	45-49

Однако групповой состав битумов не является стабильным и претерпевает изменения за счет частичного превращения масел в смолы, а смол в асфальтены, разделение битума по фракциям и определение структурного типа битума процесс трудоемкий и сложный в связи с этим для промышленного использования битума принято классифицировать по их вязкости. Вязкость битума определяют важные технологические и эксплуатационные свойства асфальтобетона по этому показателю битумы подразделяются на жидкие и вязкие.

Жидкие битумы по скорости формирования структуры делятся на марки СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200; МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200 и МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Вязкие битумы подразделяются на БН 60/90, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300 ,а также БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300.

От свойств и количества битума, находящегося в составе битумоминерального материала, во многом зависят прочность, водоустойчивость, морозоустойчивость и устойчивость против старения дорожного покрытия

Как известно, основным недостатком органических вяжущих веществ является изменение их химического состава и структуры во времени под действием тепла, света, воды, ультрафиолета. Такое превращение называется старением, и может быть обратимым и необратимым. Согласно исследованиям А.С. Колбановской старение битума это переход структуры «золь» в «гель» с последующим разрушением. Причем процесс старения распространяется как на чистый битум, так и на битум в составе конструктивных слоев дорожной одежды, что приводит к сокращению сроков службы дорожного покрытия на основе органических вяжущих и повышенному образованию дефектов. Как уже отмечалось, структурный тип битума существенно влияет на интенсивность процессов старения битума. Таким образом, необходимо не только установить различие в свойствах битумов различных типов (марок), но и проследить зависимость между интенсивностью их старения, как в тонких слоях, так и в составе органоминерального композита.

### ***Ход работы***

#### *1. Исследование старения битумов*

Для выбора наиболее приемлемой марки битума необходимо в первую очередь определиться с районом ведения дорожных работ (ДКЗ), после чего на основе сравнительного анализа экспериментальным путем исследовать их свойства, а также интенсивность взаимодействия с каменным материалом.

Изучение свойств вязких битумов осуществляется на основании стандартных методик рекомендованных ГОСТ . В число обязательных показателей входит:

- глубина проникания иглы в битум;
- температура размягчения;
- растяжимость;
- температура хрупкости;
- температура вспышки;
- сцепление;
- температура размягчения после прогрева.

Разнообразие климатических факторов на территории России предъявляют высокие требования к устойчивости битумов к старению, особенно эта проблема актуальна для южных регионов страны. В связи с этим исследование процессов старения является крайне важным пунктом при исследованиях. Согласно ГОСТ 22245-90, устойчивость битумов к старению характеризуется изменением температуры размягчения после прогрева в тонком слое.

В ходе эксперимента определяется интенсивность окислительных процессов в битумах по стандартным методикам, результаты заносятся в табл. 3.2,а также по изменению свойств образцов асфальтобетона.

Таблица 3.2

*Показатели свойств битума*

Наименование показателя	Требования ГОСТа	Исследуемый битум	
		1	2
1 Температура размягчения, °С			
2 Температра размягчения после прогрева, °С			

В настоящее время наиболее информативным методом, позволяющим с высокой точностью фиксировать в материале изменения, происходящие при воздействии на него атмосферных факторов, при старении, появлении новых связей является метод инфракрасной спектроскопии (ИК).

***Исследование структурных превращений в битумах в процессе старения***

Изменение в колебательной энергии молекул сопровождается излучением, возникающим в инфракрасной части спектра. Колебательные переходы сопровождаются изменением вращательной энергии, которые дают серию близко расположенных линий. В инфракрасной области этот вид колебаний связан с дипольным моментом.

В смесях молекул различного типа, к ним относятся битумы, происходит взаимное наложение полос поглощения компонентов, что затрудняет расшифровку спектров. В виду этого инфракрасная область поглощения используется лишь для определения относительного содержания в битумах функциональных групп и их изменения.

Препараты для спектральных исследований представляют собой пленки органического вяжущего, нанесенного на стекло. Для их получения под вытяжным готовится 0,5% суспензия, путем

растворения различных битумов в хлороформе. Спектрограмма хлороформа имеет вид прямой линии.

Исследуемые битумы помещаются в бюксы и в течении 2 часов подвергаются тепловому воздействию в сушильном шкафу при температуре  $160^{\circ}\text{C}$ . После имитации старения битума под воздействием высоких температур, из прогретого битума в стеклянных колбах с притертыми пробками емкостью 100 мл готовится 0,5% битумно-хлороформная суспензия.

Из приготовленных растворов: контрольных и приготовленных на «состаренном битуме» отбираются пробы равного объема, при помощи мерных пипеток, которые распределяются в виде тонких пленок на стеклах.

ИК – спектры регистрируются на приборе Specord 75 IR в области  $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ . Все органические соединения, как и все углеводороды характеризуются полосами поглощения в области частот  $2926 - 2957 \text{ см}^{-1}$ , которые обусловлены валентными колебаниями связей C-H в метиленовой группе ( $\text{CH}_2$ ), о наличии ароматических соединений свидетельствует присутствие двойных связей  $\text{C}=\text{C}$  в области  $1600 \text{ см}^{-1}$ . О содержании нафтеновых углеводородов можно судить по характерному “трезубцу” с частотами в районе  $725 - 810 - 880 \text{ см}^{-1}$ .

Для исключения влияния погрешности толщины нанесенной пленки на спектрограммы, выбирается эталонная полоса, относительно которой ведется расшифровка и производится количественная оценка спектра. По увеличению количества судят об интенсивности старения битума.

## *2. Влияние старения битума на физико-механические показатели асфальтобетона*

Известно, что окисляемость битума в процессе формирования образцов оказывает сильное влияние на свойства самого асфальтобетона. Реологические характеристики битума после кратковременного пребывания его в зоне высоких температур при объединении с каменным материалом изменяются значительно больше, чем после последующего девятнадцатилетнего нахождения в составе дорожного покрытия, где температура не превышает  $70^{\circ}\text{C}$ .

Также очевидно, что на интенсивность процессов старения битума в асфальтобетоне влияет и поверхность минерального материала, способная ускорять или затормаживать эти процессы. Таким образом, исследование процессов старения органического вяжущего в асфальтобетоне косвенно характеризует и процессы взаимодействия битума с поверхностью минерального материала. Перед тем как приступить к исследованиям окислительных процессов, происходящих в битумах при приготовлении асфальтобетонных смесей, необходимо

исследовать влияние изучаемых марок битума на стандартные физико-механические показатели асфальтобетона.

На основе подобранного ранее состава асфальтобетонной смеси типа Г (лабораторная работа №2) приготавливаются образцы асфальтобетона на исследуемых битумах с идентичной минеральной частью, после чего определяются физико-механические показатели.

Результаты, полученные в процессе исследования физико-механических показателей асфальтобетона заносятся в табл. 3.3.

В целях выявления влияния различных типов (марок) битума на процессы старения в асфальтобетоне проводятся испытания в процессе приготовления образцов, это обусловлено тем, что Скорость старения асфальтобетона значительно выше при прогреве смеси в рыхлом состоянии, чем уплотненных образцов, что связано, очевидно, с большей доступностью воздуха к битумным пленкам. Кроме того, из-за старения битумных пленок ухудшается способность смеси уплотняться, что приводит к снижению плотности образцов. Изменение структуры битума, происходящее при старении, способствует ухудшению его основных реологических свойств. При температуре 0°C влияние вязкопластичных свойств битума на прочность асфальтобетона более существенно, чем при +50°C, на основании этого исследование процессов старения будет осуществляться при температуре испытания асфальтобетонных образцов + 20°C, 0°C.

Изучение процессов старения битумов в асфальтобетоне проводится на образцах заформованных после 10, 30, 50 мин. выдерживания смеси при температуре  $155 \pm 5^\circ\text{C}$ . О старении судят по изменению физико-механических показателей асфальтобетона.

По полученным результатам строят график зависимости прочности асфальтобетонных образцов типа Г после прогрева смеси от типа (марки) битума.

После исследования свойств различных битумов и их склонности к окислительным реакциям делается вывод об их пригодности и допустимости использования в технологии приготовления асфальтобетонных смесей.

На завершающем этапе выполнения работы необходимо проанализировать графические данные, а также результаты таблиц. Произвести сравнительный анализ и сделать вывод о корреляции применявшихся методов по определению интенсивности старения битумов различных типов и их влиянии на физико-механические показатели асфальтобетона.

## Физико-механические характеристики асфальтобетона

Показатели	Требования ГОСТ	Вид битума	
		1	2
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>			
Водонасыщение, %			
Набухание, %			
Предел прочности при сжатии, МПа: температура испытания: + 20°С + 50°С 0°С, не более в водонасыщенном состоянии при + 20°С			
Коэффициент водостойкости			
Коэффициент длительной водостойкости			

**Контрольные вопросы**

1. Охарактеризуйте структурные типы битумов.
2. В чем сущность процессов, приводящих к старению битума?
3. Как отражается старение битума на свойствах и долговечности асфальтобетонных покрытий?
4. В чем заключается информативность метода ИК-спектроскопии при исследовании старения?

**Библиографический список**

1. *Кучма, М.И.* Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве / М.И. Кучма. - М.: Транспорт, 1980. - 191 с.
2. *Гридчин, А.М.* Производство и применение щебня из анизотропного сырья в дорожном строительстве / А.М. Гридчин. - Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2001.-149 с.
3. *Ядыкина, В.В.* Управление процессами формирования и качеством строительных композитов с учетом состояния поверхности дисперсного сырья: монография / В.В. Ядыкина.– М: Изд-во АСВ, 2009. – 374с.
4. *Гридчин, А.М.* Асфальтобетон с использованием гидравлически активных минеральных порошков: учебное пособие / А.М. Гридчин,



В.В. Ядыкина, М.А. Высоцкая, Д.А. Кузнецов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2007. – 163 с.

5. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. - Введен 01.01.1999-М., 1998.

6. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. - Введен 01.01.19.

7. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. - Введен 01.01.1999.

8. ГОСТ Р 52129-2003 Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия. - Введен 01.10.2003.

Учебное издание

## **Основы физико-химической механики**

*Методические указания*

к выполнению лабораторных работ  
для студентов специальности 270205.65 - Автомобильные дороги  
и аэродромы

Составители: Ядыкина Валентина Васильевна  
Высоцкая Марина Алексеевна

Подписано в печать . . . . . Формат 60x84/16. Усл.печ.л. 2,0. Уч-изд.л. 2,1.  
Тираж экз. Заказ Цена  
Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В.Г. Шухова  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46