

Министерство образования и науки Российской Федерации

Вологодский государственный технический университет

Кафедра автомобильных дорог

# **СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ

## **ИСПЫТАНИЕ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ**

Факультет инженерно-строительный

Направление 270800.62 - «Строительство»

Вологда

2011

УДК 625.08 (07)

**Строительные материалы:** методические указания к выполнению лабораторных работ. Испытание нефтяных битумов– Вологда: ВоГТУ, 2011. – 27 с.

Цель методических указаний по выполнению лабораторных работ – изучение свойств битума нефтяного дорожного и методов его испытания.

В данных методических указаниях включены базовые теоретические основы, описание методики проведения опытов по изучению свойств нефтяных битумов, общие методические указания по подготовке и прохождению лабораторных занятий, указания по технике безопасности при работе в лаборатории, вопросы по самоконтролю и представлен библиографический список.

Методические указания предназначены для студентов строительных специальностей очной и заочной форм обучения, направления бакалавриата «Строительство» и магистрантов для выполнения научных исследований

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГТУ

Составители: Шорин В.А., д-р хим. наук, профессор

Мясникова С.А., канд. техн. наук, доцент

Рецензент: Плотникова О.С., канд. техн. наук, доцент

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью методических указаний является изучение основных свойств битумов, ознакомление с требованиями ГОСТов по данным материалам и методам их испытания и получение навыков в лабораторных испытаниях строительных материалов.

В содержание лабораторного практикума входят следующие работы:

- Определение вязкости битумов
- Определение температуры размягчения битума
- Определение растяжимости битума
- Определение температуры вспышки битума
- Определение температуры хрупкости битума
- Определение марки битума.

## **ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПОДГОТОВКЕ И ПРОХОЖДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

1. Лабораторные работы проводят побригадно (2 - 3 студента в бригаде). За каждой бригадой закрепляется рабочее место.

2. Перед выполнением очередной лабораторной работы студент обязан изучить теоретический раздел данной темы и ознакомиться с методами испытаний.

3. Во время прохождения лабораторных занятий студент обязан:

- ответить на вопросы преподавателя, проявив свою готовность к выполнению работы;
- получить журнал лабораторных работ;
- получить вводный инструктаж преподавателя;
- приступить к выполнению лабораторной работы;
- все записи и вычисления вести по ходу выполнения работы только в лабораторном журнале (черновые записи помимо журнала не допускаются.);
- бережно относиться к приборам и оборудованию;
- на своих рабочих местах соблюдать чистоту и порядок;
- за 10 минут до окончания занятия сдать рабочее место лаборанту с отметкой в лабораторном журнале и зачесть работу у преподавателя.

4. Основной формой отчетности студента при выполнении лабораторной работы является журнал лабораторных работ, который представляет собой тетрадь в 48 листов и оформляется для каждой работы, которые имеются в лаборатории. Журнал за пределы лаборатории не выносится.

## **УКАЗАНИЯ ПО ТЕХНИКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ**

1. Во время лабораторных работ студент обязан:
  - работы проводить в халате, застегнутом на все пуговицы;
  - проводить работы только в закрепленном за ним местах;
  - перед выполнением очередного испытания ознакомиться с принципом работы прибора и оборудования.
2. При проведении лабораторных работ запрещается:
  - включать и работать на оборудовании, не относящемся к проводимой лабораторной работе;
  - самостоятельно работать с приборами, работающими под напряжением;
  - пользоваться без ведома преподавателя неизвестными химическими реактивами;
  - курить и пользоваться открытым огнем.
3. Перед началом работы получить дополнительный инструктаж преподавателя.
4. При получении травм студент обязан сразу обратиться к преподавателю.

### **1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О БИТУМАХ**

**Битумы** – органические вязущие и представляют сложную смесь высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных (соединений высокомолекулярных углеводородов с кислородом, азотом и серой). Различают природные битумы, асфальтовые породы, нефтяные битумы и гудрон [13,15,16].

Битумы не являются идеально жидкими или твердыми телам. При высоких температурах, битумы становятся жидкостями с истинной вязкостью. При низких отрицательных температурах битумы подобно твердым телам. При всех других условиях битумы являются упруго-вязко-пластичными телами, основной характеристикой, которой служит структурная вязкость. По внешнему виду они представляют собой жидкие или вязкопластичные водонерастворимые вещества.

Битумы хорошо сцепляются с поверхностью камня, песка, бетонов и других твердых материалов, имеют повышенную водонепроницаемость, пластичность и устойчивость против атмосферных воздействий, и поэтому их широко используют в различных областях строительства. В дорожном строительстве их применяют в основном для устройства дорожных одежд и гидроизоляции транспортных сооружений.

## 1.1. Классификация битумов

По происхождению битума подразделяют на природные, асфальтовые породы, нефтяные и гудрон.

**Природные битумы** представляют твердые при нормальной температуре вещества, при нагревании они становятся очень пластичными.

Природные битумы подразделяются на твердые (асфальтиты), вязкие (мальты) и жидкие, извлекаемые из битуминозных горных пород – битумных известняков и песчаников, песков (киры).

В чистом виде битумы в природе встречаются редко, чаще встречаются горные породы, пропитанные битумами, которые называются асфальтовыми породами или битумными известняками. Битумы извлекают из горных пород водной варкой.

В связи с очень высокой вязкостью и хрупкостью твердых битумов, ограниченностью добычи и высокой стоимостью природные битумы в дорожном строительстве не применяют.

**Нефтяные битумы** представляют собой продукты переработки нефти. Нефтяные битумы делят на вязкие и жидкие.

### ***Вязкие нефтяные дорожные битумы***

Вязкие нефтяные дорожные битумы применяют для приготовления горячих асфальтобетонных смесей, пропитки, поверхностной обработки, а также для разжижения с целью получения жидких битумов.

Выпускают пяти марок, различающихся по вязкости: БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300.

### ***Жидкие нефтяные дорожные битумы***

Жидкие битумы приготавливают смешением вязких дорожных битумов и разжижителей нефтяного происхождения. В зависимости от скорости формирования их структуры делят на три класса: *БГ–быстрогустеющие*, *СГ–среднегустеющие*; *МГ–медленногустеющие*.

- Жидкие битумы класса СГ готовят смешением вязких битумов марок БНД 40/60 и БНД 60/90 с разжижителями: арктическим дизельным топливом А (ГОСТ 305-82), зимним дизельным топливом З (ГОСТ 305-82), керосином для технических целей (ГОСТ 18499-73).

- Жидкие битумы класса МГ готовят смешением вязких битумов БНД 40/60 или БНД 60/90 с разжижителями: топливом дизельным летним Л и топливом для быстроходных дизелей ДЗ, ДА, ДС (ГОСТ 305-82), маслом зеленым.

- Жидкие битумы класса БГ готовят смешением вязких битумов БНД 60/90 или БНД 90/130 с разжижителями, имеющими следующие характеристики:

начало кипения не ниже 130<sup>0</sup>С, 50% продукта испаряется при температуре 150...180<sup>0</sup>С, а 98% продукта выкипает при температуре не выше 230<sup>0</sup>С [9].

Жидкие битумы при обычной температуре находятся в жидко-текучем состоянии, что дает возможность использовать их как подогретым до температуры около 100<sup>0</sup>С, так и холодными, с температурой 15-20<sup>0</sup>С. Характерной особенностью жидких битумов является их способность в течение небольшого промежутка времени заустевать в дорожном покрытии и приобретать вязкость, почти равную вязкости дорожных битумов.

## 1.2. Получение нефтяных битумов

Основным этапом технологии на нефтеперерабатывающем заводе является разделение нефти на отдельные фракции по их температуре кипения. Нефтяные битумы по способу производства разделяют на три вида - *остаточные, окисленные и крекинговые* [13,15,17].

**1. Остаточные вязкие битумы** получают при переработки нефти посредством отгона фракций, выкипающих до 300-350<sup>0</sup>С, и концентрации асфальтосмолистого остатка. При удалении фракции, выкипающих до 300-350<sup>0</sup>С в атмосферно-вакуумной установке, получают мазут, который затем подвергают дальнейшей переработке при большем вакууме и в присутствии перегретого водяного пара для отделения масляных фракций и концентрации асфальтосмолистых веществ. Вязкие остаточные битумы - это вещества черного цвета, почти твердые при нормальной температуре.

**2. Окисленные битумы** получают продувкой воздуха через нефтяные остатки. При продувке под воздействием кислорода воздуха нефтяные остатки окисляются, приобретая новые качества - вязкость.

При продувании воздуха в процессе производства битумов компоненты сырья взаимодействуют с молекулярным кислородом. При температуре 150<sup>0</sup>С количество химически связанного кислорода составляет 29-30% от всего количества поступившего кислорода, при температуре 250<sup>0</sup>С – 8-25%, а при 350<sup>0</sup>С – всего 2-10%. Основное количество кислорода содержится в отходящем газе, главным образом в виде паров воды и в меньшей степени в виде двуокиси углерода. Образование высокомолекулярных компонентов обусловлено двумя важнейшими реакциями: образованием сложно-эфирных групп и углеродных связей – С-С-. При температуре 250<sup>0</sup>С образуется наибольшее количество межмолекулярных связей, а при более низких температурах (ниже 200<sup>0</sup>С) преобладают реакции образования сложно-эфирных групп (в том числе образуются оксикислоты и внутренние эфиры – лактоны).

Процесс окисления проходит в три стадии поглощение кислорода, образования смол, асфальтенов, углекислого газа и т. д.

**3. Крекинговые битумы** представляют собой нефтяные остатки, образующиеся при крекинге, т.е. разложение нефти и нефтяных масел при высокой температуре без доступа кислорода для получения большего выхода бензина. При продувке воздуха через эти остатки получают окисленные крекинговые битумы.

В итоге переработки нефти после завершения отгонки из нее нефтяных масел образуется гудрон, который тоже является битумным вяжущим.

## 2. БИТУМЫ НЕФТЯНЫЕ

### 2.1. Элементный состав

Вязкие нефтяные битумы состоят из смеси высокомолекулярных углеводородов нефтяного происхождения и их производных, содержащих кислород, серу, азот и комплексные соединения металлов [12,13,14]. Химический состав битумов довольно сложный и колеблется в пределах: углеводород 70-80%, водород 10-15%, сера 2-9%, кислород 1-5%, азот 0-2%. Кислород, сера, азот входят в состав активных функциональных групп: OH, NH, SH, COOH. В настоящее время в битумах насчитываются свыше 300 тысяч различных соединений. Основная часть молекул битума состоит из 25...150 атомов углерода. Молекулярная масса различных его углеводородных соединений колеблется в пределах 400...5000 а.е.м. Средняя молекулярная масса битума не превышает 700-800 а.е.м.

### 2.2. Групповой состав битумов

Основными группами соединений в битуме, различающимися по молекулярной массе и растворимости в определенных углеводородах растворителях, являются: **масла (углеводороды), смолы и асфальтены.**

**Асфальтены** представляют собой сложную по составу и структуре смесь высокомолекулярных соединений, имеющих гроздевидную форму молекул. При нормальной температуре асфальтены большинства битумов представляют собой твердые неплавящиеся, хрупкие вещества черного или бурого цвета.

Молекулярная масса асфальтенов достигает от 1000 до 6000 а.е.м.. В асфальтенах есть свободные радикалы, что делает их полярными. Плотность асфальтенов более  $1 \text{ г/см}^3$ , достигая  $1,12 \text{ г/см}^3$ .

Асфальтены нерастворимы в углеводородах, низкокипящих спиртах, спиртоэфирных смесях, в бензоле, сероуглероде, хлороформе и четыреххлористом углероде. Молекулы асфальтенов в битуме объединяются между собой

в асфальтеновые комплексы, свойства которых в большой степени влияют на свойства битумов: прочность, деформативность, прилипание к поверхности каменных материалов. Пластичность и растворимость асфальтенов являются основными свойствами, которые определяют в значительной мере эксплуатационные характеристики битумов.

**Смолы** являются смесью многочисленных и разнообразных по химическому строению высокомолекулярных соединений нафтенного происхождения. Смолы представляют собой легкоплавкие, вязкопластичные вещества, сообщают битуму эластичность, водостойчивость. Содержание смол в битумах 20...40 % (по массе). Молекулярные массы смол в среднем варьируют от 500 до 2000 а.е.м., плотность в пределах 0,99-1,08 г/см<sup>3</sup>, величина С:Н составляет 0,6...0,8. При обыкновенной температуре смолы имеют различную консистенцию - от тягучей липкой массы до твердых веществ, от красновато-бурого до темно-коричневого, почти черного цвета. Смолы являются носителями твердости, пластичности и растяжимости битумов, легко изменяются под действием тепла и окислителей. Они растворяются во всех углеводородах нефти, бензине, бензоле, хлороформе и не имеют единого характера и одинаковой химической структуры. Смолы полярны, что придает им поверхностную активность, улучшает адгезию битумов к каменным материалам, способствует формированию на них водостойчивых пленок.

**Масла** состоят из сложной смеси углеводородов — ароматических, парафиновых и нафтенных. Это жидкости высокой вязкости, они имеют светло-желтый цвет и придают битумам подвижность и текучесть. Углеводороды состоят в основном из углерода (80%) и водорода (15%). Молекулярная масса масел колеблется от 300 до 650. Масла представляют собой наиболее легкую часть битума. Содержание их в битуме колеблется от 45 до 60 %. Увеличение количества масел снижает вязкость битума (повышается глубина проникания иглы, снижается температура размягчения и уменьшается его растяжимость).

Кроме указанных трех основных групп в битумах в небольших количествах могут содержаться **асфальтогеновые кислоты и их ангидриды, карбены и карбоиды**.

**Карбены и карбоиды** являются высокоуглеродистыми продуктами высокотемпературной обработки нефти и ее остатков (продукты крекинг-битумов). Содержание их в битумах не превышает 1...3 %. Карбены по своим свойствам и составу близки к асфальтенам, но содержат больше углерода и имеют большую плотность. С увеличением содержания карбенов и карбоидов увеличиваются вязкость и хрупкость битумов.

**Асфальтогеновые кислоты и их ангидриды** - вещества коричнево-серого цвета, густой смолистой консистенции. Это полярные вещества, относящиеся к поверхностно-активным. Общее содержание асфальтогеновых кислот и их ангидридов в нефтяном битуме не превышает 3 % [12,14].

### **2.3. Свойства нефтяных битумов**

Свойства вязких нефтяных битумов, методики определения основных характеристик битумов и установления их соответствия проводятся по ГОСТ 22245-90 [7].

**1. Глубина проникания** стандартной иглы условно характеризует **вязкость** битумов и выражает величину, обратную вязкости, т.е. текучесть.

Вязкость характеризует сопротивление внутренних частиц битума перемещению относительно друг друга.

Глубину проникания (пенетрацию) измеряют прибором, называемым пене-трометром в соответствии с требованиями ГОСТ 11501 [1]. Показатель пене-трации характеризуется деформацией в битуме, возникающей под действием соответствующей нагрузки, при определенной длительности загрузения. Прочность пленки битума при 25°С связана с вязкостью — чем меньше глубина проникания, тем больше прочность.

**2. Температура размягчения** — это температура, при которой битумы из относительно твердого состояния переходят в жидкое. По температуре размягчения судят о прочности пленки битума при повышенных летних температурах - чем выше температура размягчения, тем больше прочность пленки битума.

Температуру размягчения битума определяют с помощью прибора «Кольцо и Шар» (КиШ) по методике, приведенной в ГОСТ 11506 [2].

**3. Растяжимость** вяжущего рассматривают как комплексную характеристику, зависящую одновременно от вязкости и способности вяжущего к сцеплению.

Растяжимость – это способность вяжущего к текучести в определенных условиях и характеризуется расстоянием, на которое вяжущее можно вытянуть в нить без разрыва. Растяжимость измеряют прибором, называемым дуктилометром. Растяжимость битумов при 25°С имеет максимальное значение, отвечающее переходу от состояния ньютоновской жидкости к структурированной. Чем больше битум отклоняется от ньютоновского течения, тем меньше его растяжимость при 25°С, но достаточно высока при 0°С [3].

**4. Интервал пластичности битумов** - разность между температурой размягчения и температурой хрупкости:

$$\text{ИП} = T_p - T_{xp}, \quad (1.1)$$

где ИП – интервал пластичности

$T_p$  – температура размягчения, °С

$T_{xp}$  – температура хрупкости °С.

Битумы с широким интервалом пластичности обладают более высокой деформационной способностью, стойкостью к образованию трещин при низких температурах и устойчивостью против сдвига при повышенных температурах (50°С). С увеличением интервала пластичности повышаются адгезионные свойства битумов.

Значение температуры хрупкости должно составлять не менее 75 % от минимального значения температуры окружающего воздуха в зимний период, а температуры размягчения— превышать ее максимальное значение в летний период не менее чем на 35 % [12].

**5. Температура хрупкости** — это температура, при которой материал разрушается под действием кратковременно приложенной нагрузки, это температура при которой образуется первая трещина на изгибаемом тонком слое битума, нанесенном на латунную пластинку специального прибора.

Температура хрупкости характеризует поведение битума в дорожном покрытии: чем она ниже, тем выше качество дорожного битума. Определяется на приборе Фрааса [4].

**6. Адгезионные свойства** битума связаны со сцеплением его пленки с поверхностью основных и кислых пород. Сцепление определяют в соответствии с ГОСТ 11508. Сцепление битума любой марки с каменным материалом должно быть достаточным и соответствовать сцеплению по контрольному образцу [6].

**7. Водостойкость** пленки битума связана с содержанием в нем водорастворимых соединений. В процессе эксплуатации дорожной одежды эти соединения могут вымываться водой, а пленка битума будет отклеиваться от поверхности каменного материала, поэтому желательно, чтобы битум не содержал водорастворимые соединения, или они были бы в минимально допустимом количестве [13].

**8. Старение битума.** Погодно-климатические условия, в которых работает битум в дорожных покрытиях, вызывает изменения его химического состава и структуры, то есть старение битума. Под старением понимают совокупность всех химических и физических процессов, протекающих в условиях эксплуата-

ции и приводящих со временем к изменению свойств битума. При этом имеют место обратимые и необратимые изменения. Активаторами старения являются: свет, тепло, вода. Под воздействием солнечной радиации все битумы изменяют свой состав и свойства, особенно с поверхности облучения. Температура оказывает наибольшее влияние на старение битумов. О старении битума можно косвенно судить по изменению его температуры размягчения. Битум, устойчивый к старению, не меняет показателя температуры размягчения. Считают, что битум устойчив к старению, если при прогреве его температура размягчения увеличивается не более чем на 6-8 °С [12].

**9. Температура вспышки** является технологическим показателем и свидетельствует о температуре, при которой битум может вспыхнуть, т.к. газообразные продукты, выделяющиеся из битума при нагревании, образуют с воздухом смесь, вспыхивающую на короткое время при контакте с открытым пламенем. Поэтому его нельзя нагревать до температуры вспышки. Температура вспышки характеризует степень его огнеопасности при разогревании в котлах. Температуру вспышки определяют по ГОСТ 4333 [5].

**10. Когезия** – свойство материала быть прочным вследствие сил внутреннего сцепления, т.е. это молекулярное взаимодействие (атомов, ионов) частей одного и того же физического твердого или жидкого тела, приводящего к объединению этих частиц в единое тело с наибольшей прочностью и определяющее совокупность его физических и физико-механических свойств [12].

## 2.4. Марки вязких и жидких нефтяных битумов

Нефтяные вязкие дорожные битумы:

Марки: **БНД 200/300; БНД 130/200; БНД 90/130; БНД 60/90; БНД 40/60**  
**БН 200/300; БН 130/200; БН 90/130; БН 60/90**

Нефтяные жидкие дорожные битумы:

Классы	Марки
БГ – быстрогустеющий	БГ 25/40, 40/70, 70/130;
СГ – среднегустеющий	СГ 25/40, 40/70, 70/130;
МГ – медленногустеющий	МГ 25/40, 40/70, 70/130, 130/200.

## 2.5. Требования к битуму для надежной работы дорожной одежды:

Вязущий материал должен быть эластичным в широком диапазоне температур, не давая хрупкого разрушения при отрицательных температурах в зимнее время и необратимых деформаций сдвига летом. При этом материал должен

быть достаточно прочным, деформационно-устойчивым и мало изменять свойства при воздействии внешних природных факторов. Вяжущий материал должен также иметь высокую адгезию к различным каменным материалам и грунтам, применяемым в дорожном строительстве.

Прочность пленки битума — одна из важнейших характеристик, определяющих его эксплуатационные свойства. На прочность пленки битума влияют ее толщина, вид каменного материала, на поверхности которого она находится, температура пленки, время воздействия на нее нагрузки от колеса автомобиля и состав битума. Недостаток и избыток битума в асфальтобетоне снижают прочность пленки. При повышении температуры прочность пленки битума снижается. Поэтому следует учитывать максимальные летние температуры слоев дорожных одежд и выбирать битум с требуемой прочностью пленки при этих температурах.

В летний период пленка битума в слое покрытия или основания дорожной одежды должна быть достаточно прочной и обладать невысокой деформативностью. Зимой пленка битума в слоях дорожной одежды должна обладать достаточной деформативностью, что особенно важно при резком перепаде отрицательных температур. В осенний и весенний периоды пленка битума должна обладать достаточной прочностью и деформативностью. Особенно это важно в весенний период, когда несущая способность переувлажненных грунтов под дорожной одеждой снижается. Пленка битума должна быть водостойкой и не отслаиваться водой с поверхности частиц каменного материала, иначе дорожная одежда может разрушиться. Битум должен обладать устойчивостью к старению, а его свойства не должны изменяться в слоях дорожной одежды.

## **2.6. Приготовление материалов на основе нефтяного битума**

1. Гидроизоляционные материалы;
2. Мастики;
3. Пасты;
4. Эмульсии;
5. Асфальтобетоны;
6. Битумные отделочные материалы;
7. Герметизирующие материалы;
8. Теплоизоляционные материалы;
9. Битумполимерные вяжущие (БПВ).

## Лабораторная работа № 1

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ БИТУМОВ

Цель работы – изучение состава и свойств вязких нефтяных битумов, методики определения вязкости нефтяных битумов и установления соответствия их ГОСТ [7].

Вязкость характеризует внутреннее сопротивление слоев материала перемещению под действием сдвигающего усилия.

Вязкость битума на практике характеризуют глубиной проникания иглы пенетromетра (рис 1). Глубиной проникания стандартной иглы пенетromетра называют величину, на которую (под действием нагрузки) игла войдет в битум при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  за 5сек. (или при  $0^{\circ}\text{C}$  за 60 сек. для улучшения марок битума). Один градус соответствует погружению стандартной иглы в образец на 0,1 мм [1].

#### Методика определения

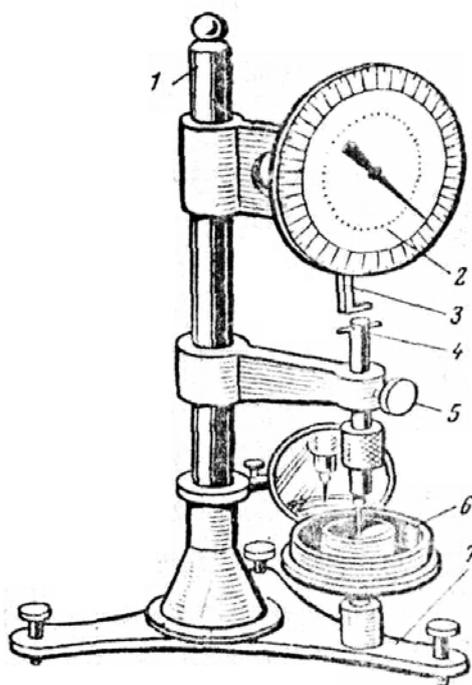


Рис. 1. Пенетрометр: 1 – опорная стойка; 2 – лимб;  
3 – кремальера; 4 – стержень с иглой и грузом; 5 – стопорная кнопка;  
6 – кристаллизатор; 7 – опорная площадка

#### Приборы и аппаратура:

Пенетрометр, песчаная баня, секундомер, ванна с водой, битум.

### **Подготовка материалов:**

Предварительно расплавленный на песчаной или масляной бане битум заливают в металлическую чашку цилиндрической формы ( $d=55\pm 1$  мм,  $h=35\pm 1$  мм) на высоту не менее 30 мм. Чашку с битумом охлаждают на воздухе при температуре  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  и помещают на 1ч в водяную баню с температурой воды  $+25^{\circ}\text{C}$ . Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25мм. По истечении часа чашку с битумом ставят на предметный столик пенетрометра, горизонтальное положение которого устанавливают при помощи установочных винтов.

### **Проведение опыта:**

1. Зубчатую рейку опускают до верхнего края иглодержателя, стрелку ставят на нулевое деление циферблата или отмечают ее положение.
2. Нажимают стопорную кнопку и дают возможность игле свободно погружаться в битум в течение 5 сек.
3. Отпускают стопорную кнопку, доводят зубчатую рейку до верхнего конца иглодержателя и отмечают положение стрелки.
4. Повторяют определение не менее 3-х раз в точках, отстоящих друг от друга не менее чем на 10мм.

### **Обработка результатов:**

Значение глубины проникания принимают как среднее арифметическое из трех результатов, отличающихся друг от друга не более чем на 5%. Полученные результаты определения глубины проникания иглы в битум (пенетрации) заносят в таблицу по форме 1 и сравнивают с требованиями ГОСТ [7].

Форма 1

Наименование показателей	1-е определение	2-е определение	3-е определение	Среднее значение
Температура воды во время испытания, $^{\circ}\text{C}$				
Отсчет на циферблате до погружения иглы в град пенетрометра				
Отсчет на циферблате после погружения иглы в град пенетрометра				
Глубина проникания иглы в град пенетрометра				

**Вывод:** Глубина проникания иглы отвечает марке битума \_\_\_\_\_.

## Лабораторная работа № 2

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАЗМЯГЧЕНИЯ

Цель работы – изучение свойств нефтяных битумов и методики определения температур размягчения.

**Температура размягчения битумов** представляет собой условную характеристику перехода битума из вязкоупругого (полутвердого) в текучее состояние.

Температуру размягчения определяют на приборе «Кольцо и Шар» (КиШ) и называют температуру, при которой битум, выдавливаемый из кольца определенных размеров под действием собственной массы и массы действующего на него металлического шарика, достигает нижнего диска прибора (рис.2) [2].

#### Методика определения

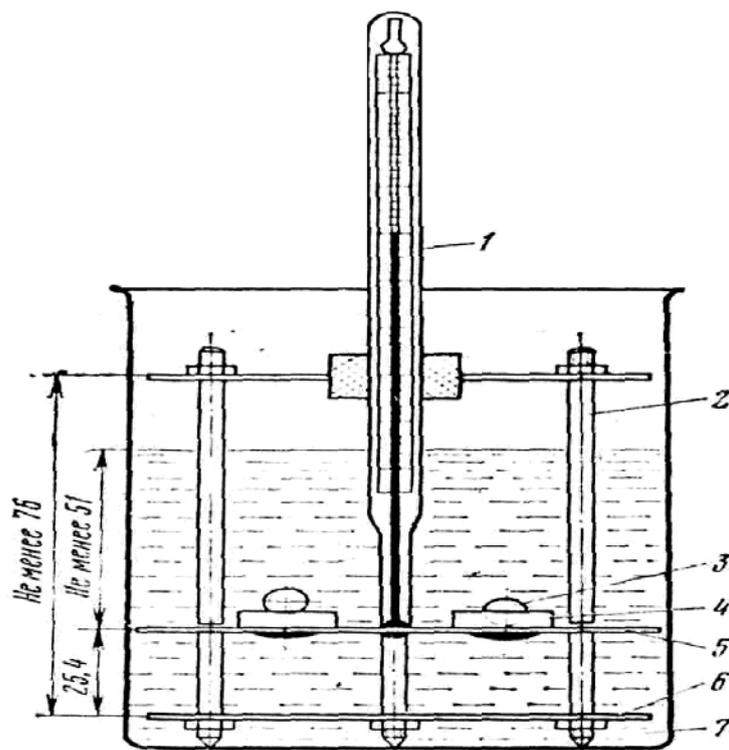


Рис. 2. Прибор для определения температуры размягчения «Кольцо и Шар»:

1 – термометр; 2 – стойка штатива; 3 – шар; 4 – кольцо;

5 – средняя пластина; 6 – нижняя пластина; 7 – химический стакан

#### Приборы и аппаратура:

Прибор «Кольцо и Шар», нагревательный прибор, термометр, тальк и глицерин, дистиллированная вода, нож для срезания битума.

### Подготовка материалов:

Предварительно подготовленный расплавленный битум заливают с некоторым избытком в латунные кольца, которые расположены на стеклянной пластинке, покрытой смесью талька с глицерином в соотношении 1:3.

### Проведение опыта:

1. Устанавливают в отверстия прибора охлажденные при комнатной температуре кольца с шариками.
2. Помещают прибор в сосуд, заполненный водой с температурой  $+5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Если температура размягчения битума выше  $80^{\circ}\text{C}$ , прибор помещают в стеклянный стакан с глицерином.
3. Подогревают жидкость в стакане со скоростью  $5 \pm 0,5$  град/мин.
4. Устанавливают по термометру температуру размягчения в момент касания битумом нижней пластины.

### Обработка результатов:

Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Результаты определения температуры размягчения битума по методу «Кольца и шара» записывают в таблицу по форме 2:

Форма 2

Наименование показателей	1-е определение	2-е определение	Среднее значение
Температура воды в начале опыта, $^{\circ}\text{C}$			
Скорость подъема температуры, град/мин			
Температура размягчения, $^{\circ}\text{C}$			

**Вывод:** Температура размягчения битума по методу «Кольцо и шар» \_\_\_\_\_ $^{\circ}\text{C}$  и соответствует марке \_\_\_\_\_.

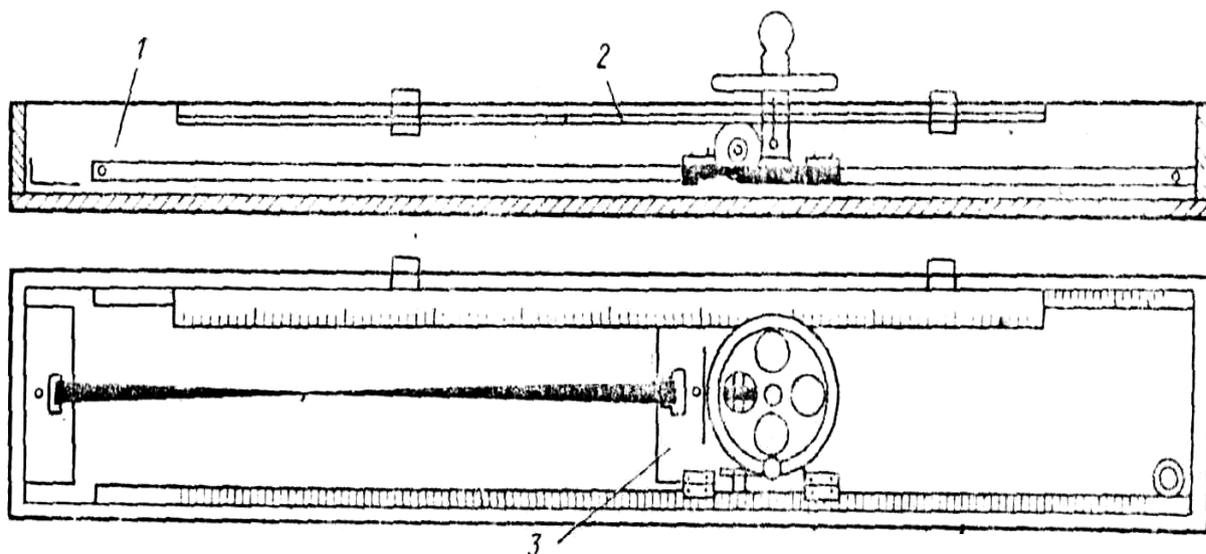
## Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСТЯЖИМОСТИ БИТУМА

Цель работы – изучение свойств нефтяных битумов и методика определения растяжимости битума.

**Растяжимость битума** – это способность образца (в форме восьмерки-гантели) к увеличению длины без разрыва сплошности при постоянной скорости деформирования и заданной температуре.

Растяжимость вязких битумов определяют при температуре  $+25^{\circ}\text{C}$  и  $0^{\circ}\text{C}$  на приборе дуктилометр (рис 3) [3].

## Методика определения



*Рис. 3. Дуктилометр и разъемные формы-восьмерки для испытания битума на растяжимость: 1 – водонепроницаемый ящик (ванна); 2 – линейка; 3 – червячный винт с салазками*

### **Приборы и аппаратура:**

Дуктилометр, пластмассовые формы для битума – «восьмерки», термометр с интервалом изменения температуры от 0 до 50<sup>0</sup>С, нож для срезания битума, стеклянная пластинка, тальк и глицерин для смазывания вкладышей пластмассовых форм и пластинки.

### **Подготовка материалов:**

Стеклянную пластинку и вкладыши «восьмерки» покрывают смесью талька с глицерином (1:3), собирают форму и кладут на пластинку. Обезвоженный битум расплавляют и заливают равномерно им формы выше краев. Формы охлаждаются 30 мин. до 20<sup>0</sup>С, и излишек битума срезают горячим острым ножом от краев к середине, чтобы битум заполнял формы до уровня краев.

Готовые образцы помещают на 1ч в водяную баню или ванну дуктилометра, температура воды в котором поддерживается +25<sup>0</sup>С. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм.

### **Проведение опыта:**

1. Устанавливают на штифты упорной пластины и подвижной пластины дуктилометра три формы со снятыми боковыми частями по истечении часа.

2. Включают мотор и образцы растягиваются со скоростью 5 см/мин до разрыва.
3. Выключают мотор при разрыве битумной нити.
4. Фиксируют длину битумной нити по линейке в сантиметрах.

**Обработка результатов:**

Показатель растяжимости определяют как среднее арифметическое результатов трех параллельных испытаний. Расхождение между ними не должно превышать 10%. Результаты определения растяжимости (дуктильности) записывают в таблицу по форме 3.

Форма 3

Наименование показателей	1-е определение	2-е определение	3-е определение	Среднее значение
Температура воды во время опыта, °С				
Скорость растягивания образца, сек				
Длина нити при разрыве образца, см				

**Вывод:** Растяжимость битума \_\_\_\_\_ см соответствует марке \_\_\_\_\_

**Лабораторная работа № 4**  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ**

Цель работы – изучение свойств нефтяных битумов и методики определения температуры вспышки.

**Температурой вспышки** называют температуру, при которой газообразные продукты, выделяющиеся из битума при нагревании, образуют с воздухом смесь, вспыхивающую на короткое время при контакте с открытым пламенем (рис.4). Температура вспышки выделяющихся из битума газообразных продуктов характеризует его огнестойкость [5].

## Методика определения

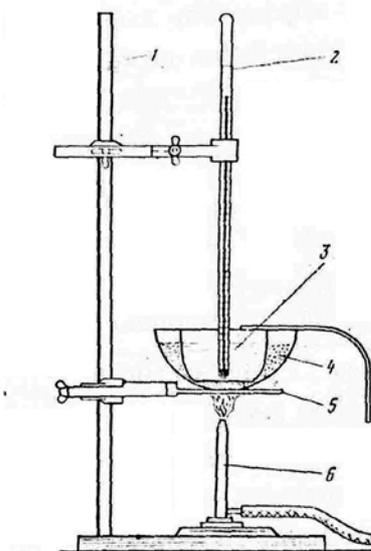


Рис. 4. Прибор для определения температуры вспышки в открытом тигле:

1 – стойка; 2 – термометр; 3 – тигель с битумом;  
4 – песчаная баня; 5 – кольцо; 6 – горелка

### Приборы и аппаратура:

Прибор для определения температуры вспышки битума (прибор Бренкена), газовая горелка, битум.

### Подготовка материалов:

Предварительно обезвоженный и разогретый битум наливают в железный тигель, установленный в песчаной бане. Тигель погружают в песок на такую глубину, чтобы уровень песка совпадал с уровнем битума, налитого на 12мм ниже края тигля. Между дном тигля и баней должен быть слой песка толщиной 5–8мм. Термометр с пределом измерения до  $+360^{\circ}\text{C}$  устанавливают в тигле вертикально и посередине слоя испытуемого битума.

### Проведение опыта:

Разогревают песчаную баню на газовой горелке со скоростью нагрева битума  $10^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . За  $40^{\circ}\text{C}$  до ожидаемой температуры вспышки скорость нагрева уменьшают до  $4^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ . Через каждые  $2^{\circ}\text{C}$  подносят зажженную спичку к поверхности битума, пока на ней не появится синее пламя.

### Обработка результатов :

Температуру вспышки, отвечающую этому моменту, принимают как среднее арифметическое из результатов двух измерений, если они не расходятся более чем на  $3^{\circ}\text{C}$ .

**Вывод:** Температура вспышки битума \_\_\_\_\_ соответствует марке \_\_\_\_\_

## Лабораторная работа № 5

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ХРУПКОСТИ

Цель работы – изучение свойств нефтяных битумов и методики определения температуры хрупкости.

**Температура хрупкости** — это температура, при которой материал разрушается под действием кратковременно приложенной нагрузки и образуется первая трещина на изгибаемом тонком слое битума, нанесенном на латунную пластинку специального прибора.

#### Методика определения температуры хрупкости по Фраасу

Определение температуры хрупкости по Фраасу заключается в охлаждении и периодическом изгибе образца битума и определении температуры, при которой появляются трещины или образец битума ломается.

По Фраасу — это температура, при которой модуль упругости битума, при длительности загрузки 11 сек, для всех битумов одинаков и равен  $1,0787 \cdot 10^8$  Н/м<sup>2</sup>. По этому методу находят температуру, при которой на пленке битума толщиной 0,1 мм и весом 0,4 г, нанесенной на стальную пластинку с изгибом по радиусу 9 мм и охлажденной со скоростью 1°С в минуту, появляется сквозная трещина. Увеличение скорости деформирования и толщины пленки битума приводит к повышению температуры хрупкости. Так, при утолщении пленки 0,1 до 2 мм температура хрупкости повышается от — 22 до — 4°С. Температура хрупкости по Фраасу определяется на Аппарате Фрааса (рис5) [4].

#### Приборы и аппаратура:

- аппарат Фрааса, в который входят: устройство для сгибания пластинки; приспособление для перемещения внутренней трубки состоит из конуса или двух клиньев, по поверхности которых движется штифт, соединенный с внутренней трубкой; пластинки стальные длиной  $41 \pm 0,05$  мм, шириной  $(20 \pm 0,2)$  мм и толщиной  $(0,15 \pm 0,02)$  мм; пробирка стеклянная диаметром  $37 \pm 1$  мм, высотой около 210 мм, в которую вставляется изгибающее устройство; устройство для охлаждения, состоящее из несеребренного сосуда Дьюара, снабженного резиновой пробкой с прорезями и отводящей трубки. Вместо сосуда Дьюара может быть использована широкая пробирка, которая укрепляется при помощи пробки в стакане.

- термометр ртутный стеклянный с длиной погружаемой части 250-260 мм, диаметром не более  $5 + 0,5$  мм, ртутным резервуаром цилиндрической формы длиной 15-20 мм, с диапазоном измерения от – 35 до +30°С, ценой деления 1°С и погрешностью  $\pm 0,5$ °С.

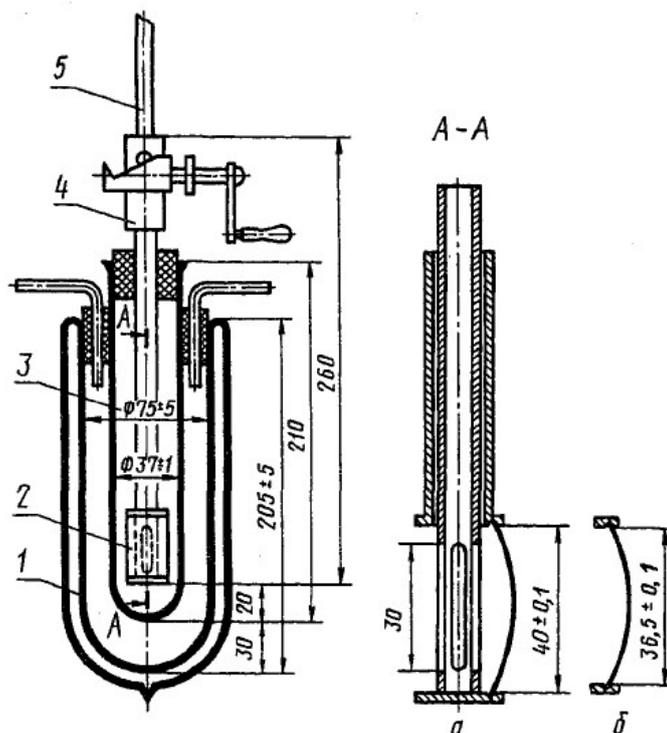


Рис. 5. Аппарат Фрааса:

1 – сосуд Дьюара; 2 – пластинка; 3 – пробирка;

4 – устройство для сгибания пластинки; 5 – термометр;

а – начальное положение пластинки; б – конечное положение пластинки

- устройство для расплавления битума на пластинке, состоящее из двух металлических плиток любой формы (60x60 мм), расположенных друг над другом на расстоянии примерно 50 мм.

- секундомер.

- сито с металлической сеткой № 07.

- плитка керамическая размером 100x100x5.

- кальций хлористый технический.

- толуол нефтяной или толуол каменноугольный, или керосин осветительный.

- охлаждающая смесь.

- весы лабораторные 3-го класса точности.

- держатель для помещения пластинок в пазы захватов. Ширина концов держателя не должна превышать 8 мм. Он должен быть снабжен устройством, предотвращающим сближение концов на расстояние менее 38 мм.

### **Подготовка к испытанию**

Образец битума при наличии влаги обезвоживают. Обезвоженный и расплавленный до подвижного состояния битум процеживают через металлическое сито и тщательно перемешивают по полного удаления пузырьков воздуха. Испытанием на изгиб вручную устанавливают, в какую сторону изгибается стальная пластинка. Наносят  $(0,40 \pm 0,01)$  г битума на выпуклую при изгибе сторону пластинки. Пластинку с навеской битума осторожно нагревают до тех пор, пока битум не растечется равномерно по поверхности пластинки. Пламенем осторожно прогревают поверхность, удаляют возможные пузырьки воздуха и получают гладкое, равномерное покрытие. Время расплавления и распределения битума составляет 5-10 мин. Защищенные от пыли пластинки с битумом выдерживают при комнатной температуре не менее 30 мин. При этом надо избегать образования трещин в битумном покрытии при сгибании пластинки. Если покрытие треснуло, то в устройство для сгибания помещают пластинку с другим покрытием.

### **Проведение опыта**

Устройство для сгибания пластинки вставляют в стеклянную пробирку с небольшим количеством хлористого кальция.

Термометр устанавливают так, чтобы ртутный резервуар термометра находился на уровне середины стальной пластинки. Температура в пробирке к началу испытания должна быть не ниже  $15^{\circ}\text{C}$ .

Вводят порциями охлаждающий агент и понижают температуру в пробирке со скоростью  $1^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , при этом допускаемые отклонения не должны превышать  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  за 10 мин. Сгибать пластинку начинают при температуре, примерно, на  $10^{\circ}\text{C}$  выше ожидаемой температуры хрупкости.

Сгибают и распрямляют пластинку равномерным вращением рукоятки со скоростью около 1 об/с сначала в одну сторону до достижения максимального прогиба пластинки (при уменьшении расстояния между пазами захватов (до  $36,5 \pm 0,1$ ) мм, а затем в обратную сторону до достижения исходного положения.

Весь процесс сгибания и распрямления пластинки должен заканчиваться за 20-24 с. Операцию повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру в момент появления первой трещины. Для уточнения появления трещины допускается кратковременно извлекать пробирку с битумом из сосуда Дьюара или широкой пробирки. В ходе испытания устройство для сгибания нельзя вынимать из пробирки.

Аналогичные испытания проводят с другой пластинкой с битумом, при этом сгибать пластинку начинают при температуре на  $10^{\circ}\text{C}$  выше температуры

появления трещины на первой пластинке.

Если полученные значения различаются на величину, превышающую  $3^{\circ}\text{C}$ , то проводят третье определение.

Время с момента нанесения битумного покрытия до конца испытания не должно превышать 4 ч.

### **Обработка результатов**

За температуру хрупкости принимают среднее арифметическое значение двух определений, округленное до целого числа.

**Вывод:** Температура хрупкости битума \_\_\_\_\_ соответствует марке \_\_\_\_\_

## **Лабораторная работа № 6 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ**

Цель работы – ознакомиться с методикой определения марки вязких нефтяных битумов. Определить марку битумов.

Выпускают пять марок, различающихся по вязкости: **БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300.**

Буквы БНД означают «битум нефтяной дорожный», цифры 40/60, 60/90 и т.д. – показатели глубины проникания иглы, характеризующие вязкость битума.

Марки битумов определяются по трем основным показателям на основании требований ГОСТ 22245-90 [7]:

**1. Твердости** в  $\text{мм}\cdot 10^{-1}$ , которая определяется глубиной проникновения иглы пенетromетра под действием груза массой 100г в течение 5с при  $25^{\circ}\text{C}$ .

**2. Температуре размягчения** в  $^{\circ}\text{C}$ , определяемой на приборе «Кольцо и шар», соответствующей той температуре воды, при которой шарик под действием собственной массы проходит через кольцо, заполненное битумом.

**3. Растяжимости** в см, которая определяется на дуктилометре и характеризуется абсолютным удлинением при растяжении образца битума в форме «восьмерки» при  $25^{\circ}\text{C}$ .

На основании проведенных лабораторных работ №1-№5 полученные результаты заносят в таблицу по форме 4 и сравнивают с требованиями ГОСТ [7].

**Вывод:** Битум соответствует марке \_\_\_\_\_.

Показатели	Глубина проникания иглы в мм <sup>-1</sup>	Температура размягчения по КиШ, °С	Растяжимость, см	Температура вспышки, °С	Температура хрупкости, °С	Марка битума
Опытные данные						
Нормативные значения						

#### 4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение органических вяжущих.
2. Какие существуют виды битумов по происхождению?
3. Получение нефтяных битумов.
4. Виды нефтяных дорожных битумов.
5. Состав вязких нефтяных битумов.
6. Групповой состав битумов.
7. Свойства вязких нефтяных битумов.
8. В чем сущность старения битумов?
9. Какой единицей измерения характеризуется вязкость битума?
10. Что обозначает число 90 и 130 в марке битума БНД 90/130?
11. Перечислить марки битумов нефтяных дорожных, в чем их отличие?
12. Как называется прибор для определения температуры размягчения и как он работает?
13. Определение температуры размягчения.
14. Методика определения растяжимости битума.
15. Методика определения температуры хрупкости битума.
16. В чем сущность определения показателя интервал пластичности?
17. Какое практическое применение имеют вязкие битумы в дорожном строительстве?
18. Основные требования характеристики битумов по ГОСТ 22245- 90.

**ХАРАКТЕРИСТИКА БИТУМОВ ПО ГОСТ 22245-90**

Показатели	Нормы по маркам								
	битум нефтяной дорожный (БНД)					битум нефтяной (БН)			
	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	БНД 40/60	БН 200/300	БН 130/200	БН 90/130	БН 60/90
<b>Глубина проникания иглы в мм<sup>-1</sup> при:</b> 25 <sup>0</sup> С 0 <sup>0</sup> С, не менее	201÷300 45	131÷200 35	91÷130 28	61÷90 20	41÷60 13	201÷30 0 24	131÷20 0 18	91÷130 15	61÷90 10
<b>Температура размягчения по кольцу и шару, <sup>0</sup>С,</b> не ниже	35	39	43	47	51	33	37	40	45
<b>Растяжимость, см,</b> не менее: при 25 <sup>0</sup> С 0 <sup>0</sup> С	– 20	65 6	60 4.2	50 3.5	40 –	– –	70 –	60 –	50 –
<b>Температура вспышки <sup>0</sup>С,</b> не ниже	200	220	220	220	220	200	220	220	220
<b>Температура хрупкости, <sup>0</sup>С,</b> не выше	–20	–18	–17	–15	–10	–14	–12	–10	–4

### Библиографический список

1. ГОСТ 11501-78. Битумы нефтяные: метод определения глубины проникания иглы: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1, 2, 3, 4. – Введ. 01.01.1980. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 5 с.
2. ГОСТ 11506-73. Битумы нефтяные: метод определения температуры размягчения по кольцу и шару: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1, 2. – Введ. 07.01.1974. – М.: Изд-во стандартов, 1993. – 6 с.
3. ГОСТ 11505-75. Битумы нефтяные: метод определения растяжимости: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1, 2. – Введ. 01.01.1977. – М.: Стандартинформ, 2005. – 4 с.
4. ГОСТ 11507-78. Битумы нефтяные: метод определения температуры хрупкости по Фраасу: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1, 2, 3. – Введ. 01.01.1980. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.
5. ГОСТ 4333-87. Нефтепродукты: метод определения температуры вспышки и воспламенения в открытом тигле / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1. – Введ. 01.07.1988. – М.: Стандартинформ, 2005. – 10 с.
6. ГОСТ 9128-97. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон: технические условия / МНТКС; Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1. – Введ. 01.01.99. – М.: ГУП ЦПП, Б. г. – III, 28 с.
7. ГОСТ 22245-90. Битумы нефтяные дорожные вязкие: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1. – Введ. 01.01.91. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 9 с.
8. ГОСТ 11955–82. Битумы нефтяные дорожные жидкие: технические условия / Госстрой России. – Переизд. с изм. № 1, 2, 3. – Введ. 01.01.84. – М.: Стандартинформ, 2009. – 18 с.
9. Горельшев, М. Материалы и изделия для строительства дорог: справочник / М. Горельшев. – М.: Транспорт, 1986. – 191 с.
10. Грушко, И. М. Дорожно-строительные материалы: учебник для вузов / И. М. Грушко, И. В. Королев, И. М. Борщ. – М.: Транспорт, 1983. – 383 с.
11. Испытания дорожно-строительных материалов: лабораторный практикум: учеб. пособие для автомоб.-дорож. специальностей вузов / И. М. Грушко, В. А. Золотарев, Н. Ф. Глущенко и др. – М.: Транспорт, 1985. – 200 с.
12. Органические вяжущие для дорожного строительства: учеб. пособие для вузов по специальности «Автомобильные дороги и аэродромы» / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, Е. В. Углова и др. – Ростов н/Д: ДортрансНИИ; РГСУ. – 2003. – 428 с.
13. Руденская, И. М. Органическое вяжущее для дорожного строительства /

И. М. Руденская, А. В. Руденский. – М.: Транспорт, 1984. – 229 с.

14. Строительные материалы: учебник для вузов по строит. специальностям / В. Г. Микульский, В. Н. Куприянов, Г. П. Сахаров и др.; под общ ред. В. Г. Микульского, В. В. Козлова. – М.: АСВ, 2004. – 530 с.

15. Цупиков, С. Г. Основы дорожно-строительных материалов: учеб. пособие / С. Г. Цупиков. – Иваново: ИГАСА, 2002. – 150 с.

---

Подписано в печать 4.05.2011.	Усл. печ. л. 1,7	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №	_____.

---

Отпечатано: РИО ВоГТУ, г. Вологда, ул. Ленина, 15