

**Министерство образования и науки РФ  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Владимирский государственный университет имени  
Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых  
(ВлГУ)**

**Г.В. ПРОВАТОРОВА**

## **ДОРОЖНО – СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**Курс лекций по дисциплинам  
«Материаловедение»  
«Технология конструкционных материалов»  
«Дорожно-строительные материалы»  
II часть**

**Владимир 2015**

УДК 624.13

ББК 38.58

Рецензенты

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой  
«Строительные конструкции»

*С.И. Рощина*

Заведующий лабораторией ОАО «Уренгойдорстрой»

*И.В. Лебедева*

Печатается по решению редакционного совета  
Владимирского государственного университета

**Проваторова, Г. В.**

Дорожно-строительные материалы: курс лекций по дисциплинам «Материаловедение», «Технология конструкционных материалов», «Дорожно-строительные материалы» 2 часть / Г.В. Проваторова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во гос. ун-та, 2015. – 57 с. – ISBN

Содержит основные понятия и определения дорожно-строительных материалов, классификацию, свойства, определение свойств и требования нормативных документов к ним, получение, область применения, нормативные источники и справочные материалы.

Предназначены для студентов строительных специальностей дневной, дистанционной и заочной формы обучения.

Табл. 6. Ил. 1. Библиогр.: 6 назв.

УДК 624.16

ББК 38.58

ISBN

Владимирский государственный  
университет; 2015

## Раздел 1 «Органические вяжущие материалы»

### Тема «Общие сведения»

#### **Лекция 1 «Классификация и область применения органических вяжущих материалов»**

Органические вяжущие материалы состоят из сложной смеси высокомолекулярных органических соединений различного строения. По внешнему виду они представляют собой жидкие вязкопластичные водонерастворимые вещества.

К органическим вяжущим материалам, применяемым в дорожном строительстве, относятся битумы нефтяные дорожные вязкие и жидкие, сланцевые битумы, тяжелые нефти, дегти каменноугольные дорожные, эмульсии битумные и дегтевые, полимерно-битумные вяжущие.

Для улучшения вяжущих свойств и липкости в битумы вводят поверхностно-активные вещества (ПАВ) – модификаторы.

#### ***Область применения***

Органические вяжущие материалы применяют в дорожном строительстве для устройства слоев оснований и покрытий из асфальтобетонных и дегтебетонных смесей, материалов смешения на дороге, черного щебня, пропитки слоев каменных материалов, а также для поверхностной обработки и ремонтных работах при эксплуатации.

#### ***Классификация***

1. По виду сырья дорожные битумы могут быть:

- нефтяные; - природные; - сланцевые.

2. По консистенции битумы подразделяют

а) природные на:

- твердые (асфальтиты); - вязкие (мальты); - жидкие (из киров).

Кировы – это битуминозные горные породы – известняки, песчаники, пески, содержащие природный битум.

б) нефтяные на:

- вязкие; - жидкие.

***Вязкие*** нефтяные битумы имеют марки: БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130, БНД 130/200, БНД 200/300;

БН 60/90, БН 90/130, БН 130/200, БН 200/300.

Буквы БНД и БН означают – битум нефтяной дорожный и битум нефтяной соответственно. Цифры – показатели глубины проникания иглы, характеризующие вязкость битума.

Технические условия вязкие нефтяные битумы нормированы ГОСТ 22245 – 90.

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

**Жидкие** нефтяные дорожные битумы делят на два класса в зависимости от скорости формирования их структуры:

- СГ – густеющие со средней скоростью;
- МГ – медленногустеющие;
- МГО – медленногустеющие остаточные.

В зависимости от консистенции жидкие битумы маркируются:

СГ 40/70, СГ 70/130, СГ 130/200;

МГ 40/70, МГ 70/130, МГ 130/200;

МГО 40/70, МГО 70/130, МГО 130/200.

Цифры в индексах марок битумов означают пределы условной вязкости в секундах, определяемой на стандартном вискозиметре.

Жидкие битумы готовят разжижением вязких битумов жидкими нефтяными продуктами установленного фракционного состава и добавлением ПАВ: катионактивных, анионактивных и двойного действия.

Технические условия на жидкие нефтяные дорожные битумы нормированы ГОСТ 11955 – 82.

3. По способу производства нефтяные битумы бывают:

а) вязкие:

- окисленные; - компаундированные; - остаточные.

б) жидкие:

- разжиженные; - остаточные.

4. По назначению различают на:

- дорожные; - кровельные; - изоляционные;
- специальные; - строительные.

## **Лекция 2 «Битумы нефтяные вязкие и жидкие»**

Вязкие нефтяные битумы состоят из смеси высокомолекулярных углеводородов нефтяного происхождения и их производных, содержащих кислород, серу, азот и комплексные соединения металлов.

В дорожном строительстве вязкие битумы используются в качестве вяжущего материала. Различные смеси вязких битумов с каменными материалами используют для устройства покрытий и слоев оснований дорожных одежд.

При изготовлении смесей битума с каменным материалом он должен обладать невысокой вязкостью, хорошо смачивать каменный материал, обволакивать и прочно прилипать к нему. При соблюдении этих требований частицы каменного материала будут равномерно покрыты пленкой битума, а смесь получится однородной.

### ***Требования к свойствам органических вяжущих материалов***

Органические вяжущие материалы, применяемые в дорожном строительстве, должны обладать комплексом свойств, обеспечивающих высокое качество и нормативные сроки службы покрытий и оснований, устроенных на основе этих вяжущих [3,6]:

- прочное сцепление с поверхностью минеральных материалов - *водостойкость и морозостойкость* асфальтобетона;
- пластичность при низких температурах – *трещиностойкость покрытий в зимнее время*;
- прочность и теплостойкость при высоких температурах - *сдвигоустойчивость в летнее время*;
- устойчивость против старения (сохранение свойств во времени) при технологических переработках (выпаривание, нагревание, смешение с минеральными материалами) и в период эксплуатации.

### ***Свойства органических вяжущих материалов***

***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.

#### *Особенности*

1. Недостаток и избыток битума в асфальтобетоне снижает прочность пленки битума.

2. На поверхности каменных материалов из основных горных пород (известняк, доломит и др.) прочность пленки битума больше, чем из кислых пород (гранит, диорит), что обусловлено тем, что битум нефтяной дорожный является кислым веществом.

3. При повышении температуры прочность пленки битума будет снижаться, что следует учитывать при назначении марки битума для конкретной дорожно-климатической зоны (условия работы в летний период).

4. Время воздействия колеса автомобиля на пленку битума в дорожной одежде зависит от скорости движения. Чем больше скорость, тем меньше время воздействия. Наиболее опасными, с этой точки зрения, участки – перекрестки, остановочные зоны.

**Деформативность** пленки битума во многом зависит от тех факторов, что и прочность.

**Прилипание** битума к поверхности каменного материала зависит от состава битума, а также вида каменного материала, на поверхности которого находится вяжущее.

**Старение** пленки битума зависит главным образом от состава битума, воздействия на нее кислорода воздуха и солнечной радиации. В покрытии битум стареет быстрее, чем в основании.

#### **Определение свойств битума**

Для определения свойств битума – прочности, деформативности и др. нужна сложная аппаратура. Поэтому в настоящее время в строительных лабораториях проводят не прямые определения параметров этих свойств, а делают условные испытания, показатели которых позволяют косвенно судить о свойствах битума [5].

1. **Прочность пленки** битума при температуре 25° С связана с вязкостью – глубиной проникания иглы в битум, которая определяется **пенетрометром**. Чем меньше глубина проникания иглы, тем больше прочность. О прочности пленки битума при повышенных летних температурах

можно судить по температуре размягчения битума, которую определяют с помощью *прибора «кольцо и шар» («КиШ»)*. Чем выше температура размягчения, тем больше прочность пленки битума.

**2. Деформативность пленки** битума при пониженных температурах связана с температурой хрупкости битума. Ее определяют на *приборе Фрааса*. Чем ниже температура хрупкости битума, тем более он деформативен в зимнее время. О деформативности битума при пониженных температурах можно судить по глубине проникания иглы при 0° С. Чем больше глубина проникания в битум, тем более деформативна пленка при 0° С.

**3. Адгезионные свойства** битума связаны со сцеплением его пленки с поверхностью основных и кислых пород – песком и мрамором. Сцепление битума любой марки с каменным материалом должно быть достаточным и соответствовать сцеплению по контрольному образцу.

Прочность пленки битума при температуре 25° С и повышенных температурах увеличивается от марки БНД200/300 до БНД 40/60. Такая же закономерность у битумов марки БН. Деформативность при положительных температурах уменьшается от менее вязкого битума к более вязкому.

Деформативность при 0° С и более низких температурах уменьшается от марки БНД200/300 до БНД60/90.

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

**5. О старении пленки** битума косвенно можно судить по изменению температуры размягчения. Битумы устойчивые к старению не меняют показателя температуры размягчения. Считают, что битум устойчив к старению, если при прогреве его температура размягчения увеличивается не более чем на 6 – 8° С.

**6. Температура вспышки** является технологическим показателем и свидетельствует о температуре, при которой битум может вспыхнуть.

**7. Растяжимость** определяется на *приборе дуктилометр* и характеризует эластичность битума и его способность равномерно распреде

ляться по поверхности каменного материала.

В битумах марок БН не нормируют показатели глубины проникания иглы при температуре 0° С, температуру хрупкости, сцепление с каменным материалом, содержание водорастворимых соединений, поэтому они являются менее качественными, чем битумы марок БНД и использовать их рекомендуется для устройства дорожных оснований.

### ***Состав битумов***

Битумы состоят из *асфальтенов и мальтенов*.

*Асфальтены* представляют собой сложную по составу и структуре смесь высокомолекулярных соединений, имеющих гроздевидную форму молекул. Эти соединения содержат в своем составе: 80 – 89% углерода, 7 – 8,5% водорода, 1 – 8,5% серы, 3 – 5% кислорода, 1 – 3% азота и другие элементы. В асфальтенах есть свободные радикалы, что делает их полярными. Молекулы асфальтенов в битуме объединяются между собой в асфальтеновые комплексы, свойства которых в значительной степени влияют на свойства битума: прочность, деформативность, прилипание к поверхности каменного материала [2,6].

*Мальтены* состоят из *смол и масел*.

*Смолы* по химическому составу и строению молекул близки к асфальтенам. В их составе меньше серы, кислорода и азота, а больше водорода. Смолы полярны, они облегчают набухание асфальтеновых комплексов и играют ту же роль, что и асфальтены.

*Масла* состоят из сложной смеси углеводородов – ароматических, парафиновых и нафтеновых. Углеводороды состоят из 80% углерода и 15% водорода. Масла оказывают большое влияние на растворимость асфальтеновых комплексов и смол, а также на деформативность битума при отрицательных температурах. В составе мальтеновой части битумов содержатся асфальтеновые кислоты и их ангидриды. Они полярны и способствуют сцеплению пленки битума с поверхностью каменного материала.

### ***Добавки***

Для *увеличения прочности пленки* битума в его состав вводят добавки из полимерных материалов или побочных продуктов их производства в количестве 1 – 3%. Необходимым условием их применения является растворимость в битуме.

В качестве добавок используют продукты производства полиэтилена, полипропилена, полистирола и поливинилхлорида.

Для *уменьшения деформативности* битумов при повышенных температурах в их состав вводят тугоплавкие природные высоковязкие битумы.

Если необходимо сделать битум более деформативным при отрицательных температурах, в его состав вводят пластификаторы (экстракты, полученные на нефтеперерабатывающих заводах при очистке масляных фракций нефти).

При необходимости повысить деформативность при отрицательных температурах во избежание трещинообразования и одновременно снизить деформативность битума при положительных температурах, чтобы не было деформаций в виде волн, в состав битума вводят побочные продукты производства синтетических смол и каучуков в количестве 2 – 5% от массы битума. Очень важно, чтобы эти продукты совмещались с битумом – набухали и растворялись в нем до получения однородной массы.

Для *улучшения адгезионных свойств* в его состав вводят ПАВ. Они обеспечивают достаточное сцепление пленки битума с поверхностью каменного материала.

Молекула ПАВ состоит из двух частей:

- углеводородного радикала (неполярна);
- функциональной группы (полярна).

В зависимости от типа диссоциации в растворах ПАВ (по полярности функциональных групп) устанавливают классификационные группировки /Гоельшев/:

- анионные (анионоактивные);
- катионные (катионоактивные);
- неионогенные (универсальные).

ПАВ добавляют в битум или на каменный материал в смесителе АБЗ и при помоле минерального порошка для улучшения сцепления битума с сухой и влажной поверхностью щебня, песка, минерального порошка, особенно при строительстве весной и осенью, для ускорения и улучшения перемешивания и уплотнения смесей, а также для ускорения формирования покрытий из холодных асфальтобетонных смесей.

Анионные ПАВ улучшают сцепление битума с основными породами, катионоактивные – с кислыми, неионогенные универсальны.

При смачивании битумом поверхности каменного материала молекулы ПАВ ориентируются полярной функциональной группой к поверхности каменного материала, а радикалом в пленку битума. Происходит взаимодействие электронных зарядов противоположных знаков, что способствует сцеплению битума с поверхностью каменного материала.

При использовании анионных ПАВ с кислыми минеральными материалами рекомендуется применять активаторы (известь, цемент и другие), которые вводят в смесь минеральных материалов до обработки битумом в количестве 1 – 3% от массы минерального материала.

Из анионоактивных ПАВ чаще других применяют госсиполовую смолу (хлопковый гудрон) и второй жировой гудрон. Наиболее доступными катионными ПАВ являются БП – 3 и АНП – 2.

### *Битумы нефтяные жидкие*

Жидкие нефтяные битумы по составу близки к вязким, но отличаются от них меньшим количеством асфальтенов и смол и большим масел.

Жидкие битумы используются в дорожном строительстве в качестве вяжущего материала. Они имеют невысокую вязкость при температурах 20 - 60° С, что позволяет перемешивать их с каменными материалами или грунтами в холодном состоянии на месте производства работ.

Жидкие битумы состоят из вязкого дорожного битума или тяжелого нефтяного остатка и низкокипящих фракций нефти, играющих роль разжижителя. С течением времени из пленки жидкого битума на поверхности частиц каменного материала испаряются низкокипящие фракции, а оставшаяся вязкая часть битума склеивает эти частицы в монолит.

В зависимости от скорости испарения разжижителя жидкие битумы подразделяют на два класса:

- густеющие со средней скоростью (СГ);
- медленногустеющие (МГ или МГО).

МГО означает медленногустеющий остаточный битум, названный так по технологии его получения.

Скорость загустевания зависит от температуры кипения фракций разжижителя.

Для жидких битумов регламентируются следующие показатели:

- условная вязкость жидких битумов определяется при помощи вискозиметра;
- количество испарившегося разжижителя, что связано со скоростью формирования пленки битума;
- температуру размягчения остатка после испарения разжижителя, что свидетельствует о прочности пленки битума при повышенных температурах;
- температуру вспышки жидкого битума, что связано с пожарной безопасностью при его нагреве;
- испытание на сцепление с мрамором или песком, дает возможность оценить адгезионные свойства битума.

### **Лекция 3 «Производство нефтяных битумов»**

Исходным сырьем для производства вязких дорожных битумов служат различные остатки от переработки нефти.

По химическому составу нефть – сложная смесь асфальтенов и смол ароматического, нафтенового и парафинового происхождения. По внешнему виду нефть – маслянистая жидкость с характерным запахом.

В природе имеются различные нефти – от легких, почти прозрачных, до тяжелых смолистых нефтей черного цвета.

Вид и свойства нефти зависят от ее состава. Нефть залегает в толще земной коры на различной глубине, в основном в порах и пустотах осадочных пород – песков, известняков, песчаников. Около 50% нефти добывают из песчаных слоев.

После добычи нефть по нефтепроводам поступает на нефтеперерабатывающие заводы, где производят ее перегонку.

Сущность перегонки нефти заключается в разделении нефти на различные фракции из которых получают необходимые продукты – топливо, масла, битум и др.

Принцип разделения нефти на фракции основан на том, что различные компоненты нефти кипят при разной температуре. Разделение нефти на фракции путем ступенчатого испарения и конденсации ее компонентов называют **фракционной разгонкой**. Такое разделение производят прямой перегонкой нефти. Процесс называется так потому, что при прямой перегонке выделение фракций, содержащихся в нефти, идет без изменения их

химического состава.

Фракции нефти состоят из групп углеводородов, кипящих в определенном интервале температур. Фракции, кипящие при относительно невысоких температурах, называют *легкими фракциями*. По мере повышения температуры испаряются все более высококипящие фракции.

Температуру падения первой капли конденсата считают *началом кипения* фракции. Температура, при которой испарение фракции прекращается, считают *концом кипения фракции*. Фракции, отогнанные в широком температурном диапазоне, называют *дистиллятами*.

После обессоливания и обезвоживания нефть перекачивают через теплообменник, а затем через змеевик нагревательной печи. Здесь нефть нагревается до температуры 300 – 350° С, при этом большая ее часть превращается в пар.

Пары нефти вместе с неиспарившимися остатками по трубопроводу поступают в ректификационную колонну, где их разделяют на дистилляты.

Ректификационная колонна для разделения нефти представляет стальной цилиндр высотой до 30 м и диаметром 3 – 4 метра. Внутри колонны имеется несколько десятков горизонтальных тарелок. С верха колонны отбирают бензиновую фракцию, с тарелок, лежащих ниже – фракцию реактивного топлива, приблизительно с середины колонны – керосиновую фракцию, еще ниже – фракцию дизельного топлива.

Бензиновая фракция выкипает до 120° С, фракция реактивного топлива – в пределах 120 - 240° С, а фракция дизельного топлива – в интервале температур 240 - 380° С. В самом низу колонны собирается тяжелый густой остаток – *мазут*.

Чтобы добиться более глубокой перегонки нефти, надо повысить температуру нагрева или понизить температуру кипения оставшихся нефтяных фракций. Для перегонки высококипящих соединений, не испарившихся в ректификационной колонне, используют колонну с пониженным давлением. Ее называют вакуумной. Высота вакуумной колонны 24 м, диаметр 5 – 6 м.

В эту колонну подают нагретый мазут, а его пары разделяют на масляные дистилляты. В верхних тарелках находятся дистилляты легкого солярового масла, под ними, последовательно, дистилляты веретенного, машинного, автомобильного. Из дистиллятов после дальнейшей обработки получают различные товарные продукты. В результате перегонки мазута в

вакуумной колонне остается вязкий густой остаток – *гудрон*.

В гудроне еще содержится некоторое количество масляных фракций. Их выделяют из гудрона с помощью жидкого пропана и в установках деасфальтизации. Пропан растворяет масляные фракции, содержащиеся в гудроне, а в остатке содержатся смолисто-асфальтеновые вещества, которые называют асфальты деасфальтизации. Их количество составляет 30 – 70% от массы гудрона.

В ряде случаев производят двухступенчатую обработку гудрона пропаном и получают в остатке асфальт деасфальтизации 1-й и 1-й степени.

В результате очистки дистиллятных и остаточных масляных фракций в установке селективной очистки масел получают рафинаты и побочные продукты – экстракты. Они бывают 2-х видов – дистиллятные и остаточные [1,3].

На нефтеперерабатывающих заводах топливной схемы основным сырьем для производства битума являются гудроны, на заводах топливно-масляной схемы – асфальты деасфальтизации и экстракты.

Свойства получаемых битумов во многом зависят от свойств основного сырья и исходной нефти.

Все нефти по степени их пригодности для производства битумов разделяют на три группы:

1. *Наиболее пригодные*: высокосмолистые малопарафинистые; высокосмолистые парафинистые; смолистые малопарафинистые;
2. *Пригодные*: высокосмолистые высокопарафинистые; смолистые парафинистые; малосмолистые малопарафинистые;
3. *Не пригодные*: смолистые высокопарафинистые; малосмолистые парафинистые; малосмолистые высокопарафинистые.

В зависимости от технологии производства вязкие дорожные битумы бывают остаточные, окисленные и компаундированные.

Остаточные и окисленные битумы получают на нефтеперерабатывающих заводах топливной схемы, а окисленные и компаундированные – на заводах топливно-масляной схемы.

### ***Производство остаточных битумов***

Основано на концентрации асфальтенов и смол, содержащихся в гудроне, путем отгона из него части углеводородов. Остаточные битумы получают путем перегонки гудрона, полученного с атмосферно-вакуумной трубчатой установки, в установке глубокого вакуума в присутствии пере

гретого водяного пара. Нагретый водяной пар, повышенный вакуум и температура нагрева гудрона до 420 - 430° С позволяет выделить масляные фракции из гудрона и получить вязкие остаточные битумы.

Нефть нагревают в печи, затем она поступает в колонну ректификации. Полученный мазут поступает в вакуумную колонну, а полученный гудрон в колонну глубокого вакуума, где из него отгоняют масляные фракции, а в остатке получают битум. Маловязкие остаточные битумы в ряде случаев могут быть получены сразу после перегонки нефти на атмосферно-вакуумных трубчатых установках. Для производства остаточных вязких битумов желательно использовать высосмолистые малопарафинистые нефти.

### ***Производство окисленных битумов***

Основано на окислении сырья кислородом воздуха в реакторах битумных установок. В качестве сырья в основном используют гудрон [1,3].

В настоящее время на нефтеперерабатывающих заводах производят вязких дорожные битумы на битумных установках с реактором колонного или змеевикового типа.

Сырье через теплообменник и нагревательную печь подают в реактор. Высота реактора колонного типа может быть в пределах 4 – 25 м, а диаметр 0,8 – 3 м. от размера реактора зависит производительность установки. Воздух поступает в реактор через маточник, расположенный внизу реактора. Форма реактора позволяет полнее использовать кислород воздуха, вступающий в реакцию с компонентами сырья. Готовый битум поступает в уравнительную емкость, а из нее – в емкость для хранения и розлива битума.

Отработанный газ из верхней части реактора идет в конденсатор - холодильник, где его охлаждают водой. Сконденсировавшиеся продукты используют в качестве топлива, а не сконденсировавшиеся сжигают.

Температура окисления зависит от вида сырья и находится в пределах от 200 до 260° С. Расход воздуха составляет около 300 м<sup>3</sup> на 1 тонну сырья.

Исходное сырье поступает в нагревательную печь, где его нагревают до 260° С. Отсюда сырье подают в емкость для горячего сырья, затем в смеситель. Сюда же поступает часть окисленного битума и сжатый воздух. Из смесителя смесь идет в реактор. Окисление начинается в смесителе и

продолжается в реакторе. Реакция окисления сырья кислородом воздуха протекает в трубах змеевика реактора в пенной фазе, температура окисляемого сырья около 280° С.

Продукты реакции поступают в испаритель, где происходит разделение жидкой и газообразной фаз. Отработанные газы поступают в воздушный холодильник, а потом в сепаратор. Сконденсировавшаяся часть нефтепродуктов из сепаратора поступает в емкость для топлива, несконденсировавшиеся газы сжигают.

В испарителе накапливается окисленный битум. Часть его идет в холодильник, а оттуда в емкости для хранения и розлива битума. В холодильнике битум охлаждается до температуры 170° С.

Технологическая схема производства окисленных битумов в установке с реактором бескомпрессорного типа заключается в следующем.

Сырье из хранилища поступает в подготовительные котлы, где его обезвоживают, а затем подают в рабочие котлы. Из рабочих котлов сырье закачивают в реактор, который заполняют на  $\frac{2}{3}$  его объема. Диспергаторы всасывают воздух и распыляют его в сырье. Кислород, содержащийся в воздухе, вступает в реакцию с компонентами сырья, происходит процесс его окисления и превращения в битум. Реакция идет с выделением тепла, поэтому окисляемое сырье нагревается до температуры 230 - 240° С.

После окисления битум поступает в отстойную секцию, оттуда в приемные секции, а затем в раздаточную емкость.

Отработанные пары воды и газы из реактора отводят в гидроциклон, где происходит их конденсация. Жидкие продукты окисления возвращаются в реактор, а газы сжигаются в циклонной топке.

### ***Производство компаундированных битумов***

Изготовление компаундированных битумов на нефтеперерабатывающих заводах основано на глубоком окислении асфальтов деасфальтизации и последующей пластификации их экстрактатами селективной очистки масел.

Технология изготовления компаундированных битумов заключается в том, что асфальт деасфальтизации или его смесь с гудроном окисляют в битумной установке до температуры размягчения 70 - 130° С по КиШ, а затем пластифицируют окисленный продукт экстрактами селективной очистки масел и получают таким образом битумы марок БНД.

Для производства битумов используют битумные установки разной производительности. Малотоннажные установки, устанавливаемые, как правило, на территории АБЗ, имеют производительность 15 тысяч тонн в год. Обычно это установки с реактором колонного и бескомпрессорного типа.

### ***Производство жидких битумов***

Жидкие битумы классов МГ и СГ получают путем разжижения вязких дорожных битумов марок БНД 40/60 и БНД 60/90 и БН 60/90.

В качестве разжижителя при изготовлении битумов класса СГ используют керосиновую фракцию нефти, а битум класса МГ – фракцию дизельного топлива.

Битумы класса МГО получают при переработке нефти на атмосферно-вакуумной трубчатой установке.

Жидкие битумы готовят в котле, оборудованном пароподогревом. Исходный вязкий битум нагревают до 90 - 100° С при изготовлении битумов класса СГ и до 100 - 110° С при изготовлении битумов класса МГ.

Котел заполняют битумом на 70% его объема. Затем в котел через дозатор добавляют разжижитель и ПАВ, требуемое количество которого предварительно устанавливают в лаборатории. Разжижитель используют неподогретым, и вводят в котел порциями. ПАВ вводят подогретым до 50 - 70° С. Перемешивание производят за счет циркуляции битума и растворителя битумным насосом до получения однородного жидкого битума.

## **Лекция 4 «Природные битумы и битумосодержащие породы»**

Природные битумы образовались из нефти в верхних слоях земной коры в результате медленного испарения из нее легких и средних фракций, природной деасфальтизации нефти, а также процессов взаимодействия ее компонентов с кислородом и серой.

Природные битумы по своему химическому составу и свойствам сходны с нефтяными битумами. Они бывают твердые, вязкие и жидкие.

Твердые природные битумы называют ***асфальтитами***. В зависимости от свойства и состава асфальтиты подразделяются на грегемиты, гелсониты и кериты. Асфальтиты с мелкими минеральными примесями называются зольными асфальтами.

Вязкие природные битумы с минеральными примесями называются *асфальтами*, жидкие - *мальтами*.

Разведенные мировые запасы природных битумов составляют около 300 млрд.т. На территории нашей страны природные битумы входят в состав битумосодержащих пород и в чистом виде встречаются редко.

Месторождения природных битумов бывают четырех типов: пластовые, линзовые, жильные и поверхностные. Максимальное количество битума содержится в пластовых и линзовых месторождениях.

В пластовых месторождениях находятся осадочные горные породы, преимущественно известняки, доломиты и песчаники, содержащие битум. Горные породы в таких месторождениях залегают в виде пластов или слоев.

В пластовых и жильных месторождениях содержится преимущественно асфальтиты и асфальты (около 15% от массы горных пород).

Поверхностные месторождения образовались в результате вытекания нефти на поверхность земли. Нефть пропитывала грунты, загустевала и превращалась в битум. Пески, супеси и суглинки, пропитанные природным битумом, называют *кирами*. Содержание битума в них колеблется от 5 до 80%, но чаще всего составляет 10 – 15% от массы горной породы.

По содержанию серы и кислорода природные битумы делят на две группы:

- высокосернистые, с малым содержанием кислорода;
- высококислородные, с незначительным содержанием серы.

К первой группе относятся асфальтиты, асфальты и мальты пластовых и линзовых месторождений. Во вторую группу – битумы поверхностных месторождений.

Большие месторождения асфальтита в нашей стране, исчисляемые миллионами тонн, находятся в Оренбургской области, Татарстане, Коми и Якутии. Там добывают практически чистый асфальтит с содержанием минеральных примесей до 5% и зольный асфальт, в котором примесей содержится до 25% [1,3].

### *Асфальтиты. Состав и свойства.*

В среднем асфальтит состоит из 25% масел, 20% смол и 55% асфальтенов. Плотность асфальтита 1,1 – 1,2 г/см<sup>3</sup>, температура размягчения 145 - 215° С.

1. Асфальтиты обладают повышенными адгезионными свойствами из-за большого содержания в их составе природных ПАВ – асфальтогенных кислот и их ангидридов.
2. Асфальтиты устойчивы к старению при воздействии солнечной радиации и кислорода воздуха.
3. Из асфальтитов можно получить дорожный битум повышенного 18Ачества путем пластификации их, например, экстрактами селективной очистки масел.

### ***Асфальты. Состав и свойства.***

Асфальты содержатся в составе битумосодержащих пород пластовых и линзовых месторождений, но встречаются и в чистом виде. В поверхностных месторождениях асфальты содержатся в кирах, состоящих преимущественно из мелких пылеватых песков с вязким или жидким природным битумом, или находятся в чистом виде.

На Сахалине имеется Охинское озеро с природным вязким битумом – асфальтом, содержащим лишь 2% минеральных примесей. Этот асфальт состоит из 37,8% масел, 19,4% смол и 42,8% асфальтенов. Глубина проникания иглы при 25° С составляет 10 – 15, температура размягчения по КиШ 70 - 75° С, плотность 1,03 – 1,10 г/см<sup>3</sup>. Асфальты содержат ПАВ улучшающие прилипание к каменным материалам и устойчивы к старению.

Асфальты, содержащиеся в кирах, содержат около 35% масел, 35% смол и 30% асфальтенов. В составе масел преобладают парафино - нефтяные углеводороды.

Природные асфальты целесообразно использовать как добавку к нефтяным битумам для улучшения их качества или пластифицировать и использовать как высококачественный дорожный битум.

### ***Мальты. Состав и свойства.***

Природные жидкие битумы – мальты иногда встречаются в чистом виде, но чаще в составе киров. На территории России значительные месторождения киров, содержащих мальты, имеются в Татарстане и Башкирии, Ульяновской, Самарской и Оренбургской областях, Краснодарском крае, Северном Кавказе и Сибири.

Плотность мальт – 0,96 – 1,03 г/см<sup>3</sup>. Они содержат около 55% масел, 30% смол, 15% асфальтенов. Компоненты мальт состоят из 76% углерода, 10% водорода, 10% кислорода, содержат по 1% серы, азота около 1% других элементов.

Мальты, извлеченные из горных пород, используют в качестве жидкого битума.

Извлечение асфальтов и мальт из киров и других горных пород экономически целесообразно, когда их содержание составляет не менее 15 – 20%. Породы с меньшим содержанием битума эффективно использовать в смесях для строительства дорожных одежд.

## **Лекция 5 «Сланцевые битумы. Дегти каменноугольные, древесные, торфяные»**

### ***Сланцевые битумы***

*Сланцевые битумы* представляют собой органический вязущий материал, получаемый из остатков от переработки горючих сланцев.

*Горючие сланцы* – осадочная горная порода, содержащая кероген. *Кероген* – органическое вязущее вещество, сходное по своему элементному составу с нефтью. Он состоит из 65 – 80% углерода, 8 – 11% водорода, 5 – 12% кислорода и других элементов.

Основную часть добываемых сланцев используют как топливо для электростанций, а остальную перерабатывают, получая газ и сланцевую смолу.

Переработку горючих сланцев производят в основном в газогенераторах и, значительно реже, в камерных печах.

Газогенераторы представляют собой вертикальные печи, в верхней части которых при температуре 500 - 550° С происходит сушка и полукоксование горючего сланца. При полукоксовании выделяется парогазовая смесь. Она поступает в конденсационную систему, где ее охлаждают и разделяют на смолу, газ и воду.

В нижней части газогенератора при 1000° С происходит сгорание полукокса и образуется газ, зола и шлак. Сланцевую золу и шлак удаляют через разгрузочное устройство. Получающаяся в газогенераторе смола составляет около 20% от массы исходного сырья. Смолу подвергают дальней

шей переработке, в результате которой отгоняют масляные и топливные дистилляты, а в остатке получают тяжелую фракцию смолы. Ее плотность составляет  $0,98 - 1,1 \text{ г/см}^3$ , условная вязкость по стандартному вискозиметру не менее 6 с, температура вспышки не ниже  $120^\circ \text{C}$ .

Остаточная фракция составляет около 60% от массы перерабатываемой сланцевой смолы.

*Вязкие сланцевые битумы* получают при окислении остаточной фракции смолы кислородом воздуха в окислительных установках. Окисление производят при температуре  $150 - 180^\circ \text{C}$ , расход воздуха составляет до  $50 \text{ м}^3/\text{ч}$  на одну тонну окисляемого сырья. Продолжительность окисления составляет 5 – 8 часов. Количество получаемого битума составляет около 60% от массы остаточной фракции смолы или 7 – 10% от массы перерабатываемого сланца.

*Жидкие сланцевые битумы* могут быть приготовлены разжижением окисленных битумов смолами или другими разжижителями.

Вязкие и жидкие битумы могут быть получены как остаточные.

Сланцевые битумы состоят из 12 – 30% асфальтенов, 18 – 27% смол и 46 – 60% масел.

По физико – механическим свойствам сланцевые битумы занимают промежуточное положение между нефтяными битумами и дегтями. Они имеют более низкую температуру размягчения и более высокую температуру хрупкости по сравнению с нефтяными битумами, быстрее стареют.

Жидкие сланцевые битумы по своим свойствам близки к медленногустеющим остаточным жидким нефтяным битумам. Они имеют резкий запах, поэтому их не следует использовать в населенных пунктах.

### ***Область применения***

Сланцевые битумы и смолы используют в дорожном строительстве для приготовления эмульсий, паст и композиционных вяжущих.

### ***Дегти***

*Дегти* – органический вяжущий материал, получаемый из остатков от переработки каменного угля, древесины и торфа.

В зависимости от исходного сырья дегти бывают каменноугольные, древесные и торфяные.

## **Каменноугольный деготь**

Свойства пленки каменноугольного дегтя после ее формирования вследствие процессов испарения части масел, полимеризации и конденсации ряда смол при воздействии тепла, сходны со свойствами пленки вязкого нефтяного битума.

Однако при повышенных температурах пленка дегтя обладает меньшей прочностью и большей деформативностью. При отрицательных температурах деготь менее деформативен и более хрупок, но лучше, чем битум прилипает к поверхности каменного материала. Деготь стареет быстрее, чем битум. Плотность дегтя составляет 1,2 – 1,25 г/см<sup>3</sup>.

### ***Состав дегтей***

Каменноугольный деготь состоит из твердых и высокопластичных смол и жидких дегтевых масел. Твердых смол в дегте содержится 5 – 10%, вязкопластичных – 10 – 15%, масел – 30 – 60%. Кроме того, в состав дегтей входят неплавкие твердые вещества – свободный углерод – до 20%, фенолы – 3 – 5%, нафталин 4 – 7%, антрацен – 3 – 3%, фенатрен и др. вещества в небольших количествах.

### ***Влияние составляющих на свойства дегтей***

Твердые смолы выполняют ту же роль, что и асфальтены в битуме. Вязкопластичные смолы и жидкие дегтевые масла имеют то же значение как смолы и масла в битуме. Свободный углерод повышает температуру размягчения дегтя и делает его структуру более устойчивой. Фенолы растворяются в воде, уменьшают прилипание пленки и снижают ее прочность, поэтому их содержание в дегте ограничивают. Нафталин, антрацен и фенатрен при содержании их в дегте более 15% могут кристаллизоваться, нарушать структуру дегтя и ухудшать его свойства, поэтому их содержание в дегте тоже ограничивается.

### ***Производство***

Каменный уголь перерабатывают на коксохимических и коксогазовых заводах для получения металлургического кокса. Уголь перерабатывают с помощью полукоксования и коксования в коксовых печах без доступа воздуха. Процесс полукоксования идет при 500 – 600° С, а коксование – 1000 – 1300° С. В результате переработки получается полукокс и кокс, а в качестве побочных продуктов – сырые смолы, светильный газ, аммиачную

воду и др.

Сырые смолы составляют 2,8 – 4,5% от массы перерабатываемого угля.

При полукоксовании получают низкотемпературные смолы, а при коксовании – высокотемпературные. Лучшим сырьем для производства дорожных дегтей являются высокотемпературные смолы.

Для дальнейшей переработке сырых смол их очищают с применением фусов, содержащих угольную и коксовую пыль, различные минеральные примеси и смолы. После очистки смол фусы могут быть использованы в качестве вяжущего при строительстве местных дорог.

Очищенные высокотемпературные смолы подвергают разгонке для выделения из них различных фракций.

1. В результате разгонки при температурах до 170° С получают легкие фракции, из которых затем выделяют *бензол, толуол, ксилол*.

2. В интервале температур 170 – 270° С отгоняют фенольную фракцию, содержащую *фенол, креозол, нафталин и легкое нейтральное масло*.

3. При температуре 270 – 300° С получают поглотительную фракцию, состоящую в основном из *креозотового и тяжелых масел*.

4. В интервале температур 300 – 360° С отгоняют антраценовую фракцию, из которой выделяют *антрацен и антраценовое масло*.

5. В остатке от переработки сырой каменноугольной смолы получают *высоко- или низкотемпературный пек*.

В дорожном строительстве при производстве дегтей используют среднетемпературный пек. В соответствии с ГОСТ 1038 – 75 его подразделяют на марки А и Б. Температура размягчения среднетемпературного пека марки А лежит в пределах 65 – 75° С, а марки Б – от 76 до 83° С.

Каменноугольные дорожные дегти бывают составленные и отогнанные.

*Составленные* получают путем смешивания пека с антраценовой фракцией или другими высокипящими смолами.

*Отогнанные* дегти получают как остаток после отбора из сырой смолы ряда фракций при ее разгонке.

В нашей стране наибольшее распространение получили составленные дегти.

Каменноугольные дорожные дегти получают на коксохимических и

коксогазовых заводах. В исключительных случаях составленные дорожные дегти можно приготовить на базах дорожно–строительных материалов или АБЗ, где необходимо иметь хранилище для пека и его разжижителя, котлы для приготовления дегтя и необходимое оборудование для транспортирования составных частей, их дозирования и перемешивания, емкости для хранения и отгрузки готового вяжущего.

Пек разогревают в специальных котлах до 100° С. После его обезвоживания температуру увеличивают до 140 – 150° С и в котел добавляют обезвоженное каменноугольное масло, нагретое до температуры 105 – 110° С.

Количество дегтя и пека зависит от требуемой консистенции дегтя и предварительно устанавливается в лаборатории [2,3].

В соответствии с ГОСТ 4641 – 80 дегти каменноугольные для дорожного строительства подразделяют на шесть марок: Д-1, Д-2, Д-3, Д-4, Д-5, Д-6.

### **Древесный деготь**

Древесный деготь как вяжущий материал обладает малой прочностью пленки и имеет низкую деформативность при отрицательных температурах. Он хорошо прилипает к поверхности каменного материала, но быстро стареет при воздействии тепла и кислорода воздуха.

Древесный деготь получают из древесной смолы – побочного продукта сухой перегонки древесины при температуре около 300° С с целью получения кузнечного древесного угля, генераторного газа и других веществ.

#### ***Область применения***

Древесный деготь может быть использован в качестве вяжущего материала при строительстве местных дорог вне населенных пунктов, т.к. имеет резкий запах. Деготь может добавлять в нефтяной битум в количестве 10 – 15% для улучшения прилипания к поверхности каменных материалов.

#### **Торфяной деготь**

Торфяной деготь обладает приблизительно такими же свойствами, как и древесный. Его получают из торфяной смолы, являющейся побочным

продуктом сухой перегонки торфа в интервале температур 250 - 330° С.

### *Область применения*

Торфяной деготь используют как вяжущий материал при строительстве местных дорог и как добавку в битум для улучшения адгезионных свойств.

В настоящее время для повышения качества дегтей их готовят традиционным способом и путем окисления исходного сырья. Разработаны дегтеполимерные вяжущие марок ВДП.

Для улучшения качества дегтей в них добавляют 10 – 15% дорожных битумов вязких марок, 2 – 3% синтетического бутадиенстирольного каучука, поливинилхлорида, полистирола или побочные продукты их производства – пек, полистирольную пыль.

В деготь можно добавлять до 5% серы или побочный продукт производства серной кислоты – серный шлам.

Пекобитумные вяжущие состоят из 20 – 30% каменноугольного пека и 70 – 80% вязкого битума. Считают, что дорожные покрытия с этим вяжущим стойки к износу и имеют повышенный коэффициент сцепления с шинами автомобилей.

## Раздел «Материалы из расплавов неорганических сырьевых масс»

### Лекция 6 «Шлаки»

#### *Разновидности шлаков, их структурные особенности*

Шлаками называют искусственные материалы, образующиеся при выплавлении черных и цветных металлов из руды и сжигании твердого топлива.

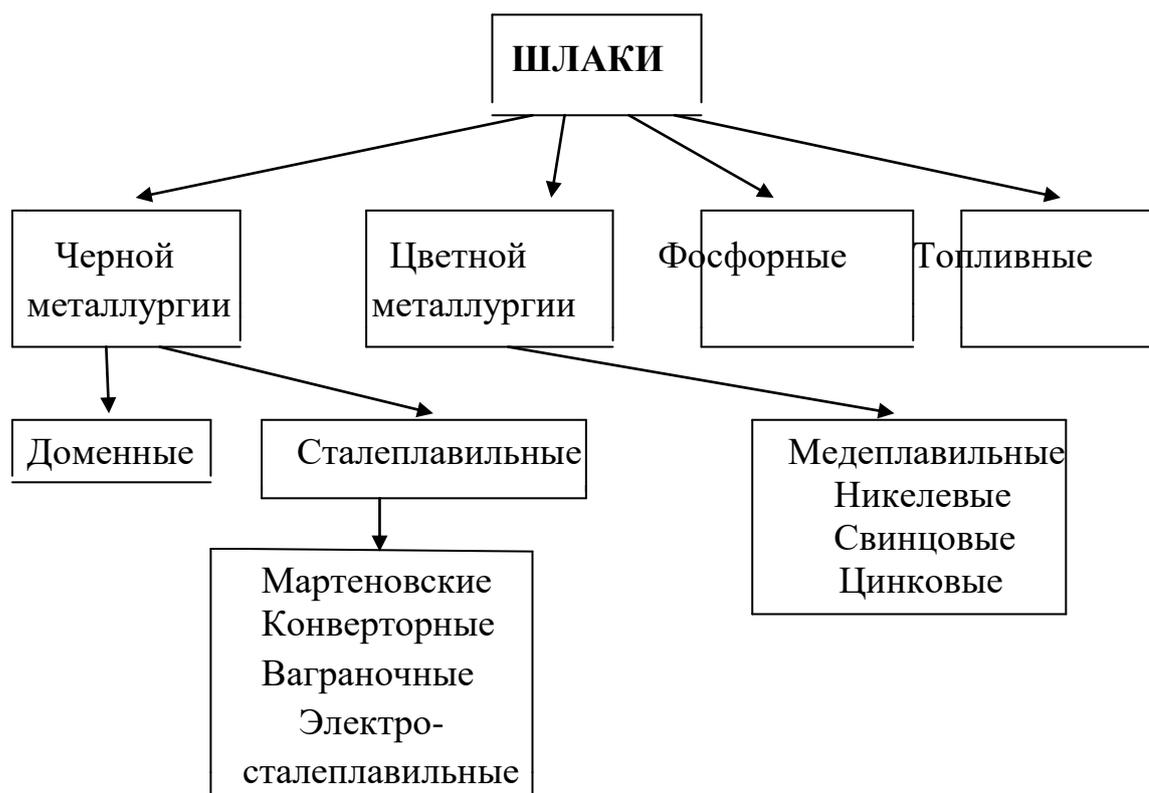


Рис. 1. Классификация шлаков

Шлаки черной металлургии разделяют на доменные, получаемые при выплавке чугуна, и сталеплавильные. Сталеплавильные шлаки в зависимости от способа производства стали могут быть мартеновскими, конверторными, электросталеплавильными и ваграночными.

Шлаки цветной металлургии по видам выплавляемых металлов подразделяют на медеплавильные, никелевые, свинцовые и цинковые.

Фосфорные шлаки получают при производстве фосфорных удобре-

ний.

Топливные (котельные) шлаки – остаток от сжигания в топках твердого минерального топлива (каменного угля, кокса, бурого угля).

По химическому составу шлаки принято делить на основные и кислые. Критерием, по которому происходит деление, является *модуль основности* шлака – отношение суммы основных оксидов к сумме оксидов кислотных.

Основные шлаки имеют модуль основности

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} > 1$$

Кислые шлаки имеют модуль основности

$$M = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3} < 1$$

Большинство металлургических шлаков имеет модуль основности в пределах 0,7 – 1,6.

Важным признаком, определяющим свойства шлаков, является его структура. Она зависит от химического состава шлаков и режима охлаждения. При быстром охлаждении шлак приобретает стекловатую структуру, при медленном – кристаллическую.

По структурно-текстурным признакам шлаки могут быть плотные, пористые, ноздреватые, пемзовидные, кристаллические, стекловатые и смешанной структуры.

Основным качественным показателем, по которому определяют степень его пригодности для строительных работ, является *распад шлака*. Различают шлаки: - с устойчивой структурой;

- склонные к распаду;
- распадающиеся.

Распад может быть: известковый, силикатный и сульфидный, имеющих две разновидности - железистый и марганцевый.

*Известковый распад* происходит в результате медленного присоединения воды к свободной извести (CaO), что сопровождается увеличением объема и разрушением шлака на куски, характерен для мартеновских шлаков.

*Силикатный распад* выражается в том, что охлаждаемый шлаковый

расплав распадается на отдельные куски или распадается в тонкий порошок. Причиной является превращение двухкальциевого силиката ( $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ ) из одной формы в другую, чаще всего встречается у основных доменных шлаков.

Сульфидный распад возникает в результате гидролиза марганца (марганцевый распад) с образование гидроксида марганца, что сопровождается увеличением объема на 24%, или сульфида железа (железистый распад) с образованием гидрата оксида железа и увеличением объема на 38%. При сульфидном распаде куски шлака превращаются в раздробленный материал. Он появляется при увлажнении шлаков.

Данный вид распада характерен для шлаков черной металлургии. Шлаки цветной металлургии имеют стабильную структуру, содержат свободной извести не более 20%, малое количество водорастворимых сернокислых соединений, что исключает сульфидный распад [2,4,6].

#### ***Техническая характеристика шлаков***

*Доменные шлаки* – побочный продукт при выплавке чугуна из железной руды в доменных печах. Шлаковый расплав с температурой около  $1400^\circ\text{C}$  сливают из домны в шлаковый ковш, из которого он поступает на переработку. В зависимости от скорости охлаждения доменные шлаки подразделяются на огненно-жидкие, медленно охлажденные и быстро охлажденные.

Медленно охлажденные шлаки представляют собой кусковой материал темно-зеленого или серого цвета, кристаллической и землистой структуры с пределом прочности при сжатии 20 – 100 МПа, водопоглощением 1 – 2,5%. Основные доменные шлаки склонны к распаду или распадаются, а кислые – устойчивы.

Быстро охлажденные гранулированные шлаки – смесь округлых и угловатых зерен мельче 10 мм от бурого до светло-желтого цвета, стекловатой структуры, зерна обычно полые, устойчивы к распаду.

#### ***Область применения***

Медленно охлажденные и быстро охлажденные доменные шлаки находят применение при производстве цемента, в качестве минерального порошка для асфальтобетонов.

Огненно-жидкие доменные шлаки, дающие структуроустойчивый материал, пригодны для изготовления литых изделий (брусчатка, бортовые камни, плиты), шлаковаты, производства шлакового щебня.

*Мартеновские шлаки* – побочный продукт при переплавке чугуна и металлолома на сталь. Кусковой материал серого цвета, кристаллической структуры, текстура плотная или ноздреватая, с прочностью при сжатии 80 – 150 МПа, показатель износа в полочном барабане около 35%, выдерживает более 200 циклов при испытании на морозостойкость.

*Область применения*

Производство щебня для дорожного строительства.

*Конверторные шлаки* представляют собой смесь кусков разного сложения и разной устойчивости против распада, темно-серого цвета, с пределом прочности при сжатии 80 – 100 МПа, средней плотностью 3,1 – 3,3 г/см<sup>3</sup>, водопоглощением 0,5 – 2% и морозостойкость свыше 100 циклов.

*Область применения*

Из кускового материалы изготавливают шлаковый щебень, из продуктов распада – минеральный порошок для асфальтобетона.

*Электросталеплавильные шлаки* обычно основные, склонные к распаду. Кусковой материал имеет плотную текстуру, среднюю плотность 3,2 – 3,4 г/см<sup>3</sup>, прочность при сжатии 60 – 130 МПа. Из-за склонности к распаду применяются в дорожном строительстве редко.

*Медеплавильные шлаки* – побочный продукт при выплавке меди из руды. Шлаковый расплав сливается в ковш, транспортируется к местам отвалов, где охлаждается. При охлаждении формируется кристаллическая структура плотного сложения. В отвалах шлак имеет вид застывшей монолитной лавы или больших глыб по форме ковша, цвет - черный, не подвержен распаду, средняя плотность 3,3 – 3,8 г/см<sup>3</sup>, водопоглощение 0,1 – 0,6%, прочность при сжатии 120 – 200 МПа.

*Область применения*

Для изготовления литых изделий (бордюры, плиты), сырье для производства шлакового щебня.

*Никелевые шлаки* – отходы шахтной плавки никелевых руд. Медленноохлажденные шлаки представляют собой смесь кусков плотного сложения, кристаллической структуры, сходные по свойствам и области применения с медеплавильными шлаками. По химическому составу относятся к кислым шлакам.

Гранулированные никелевые шлаки представляют собой рыхлый материал из округлых гранул смешанного зернового состава, неактивны.

*Фосфорные шлаки* – побочный продукт при производстве фосфорн-

ных удобрений, представляет собой куски кристаллической структуры, плотного сложения, светло-серого цвета, не подвержены распаду, средней плотности около  $2,9 \text{ г/см}^3$  и прочность при сжатии более 150 МПа.

#### *Область применения*

Сырье для производства шлакового щебня.

### ***Требования к свойствам шлаковых материалов***

Требования к свойствам шлаковых материалов подразделяются на:

- требования к шлаку как к исходному сырью;
- требования к шлаку как к материалу.

Показателями качества как сырья являются устойчивость структуры и активность, а как материала – прочность, зерновой состав, морозостойкость, содержание загрязняющих примесей.

#### *Требования к шлаку как сырью*

Устойчивость структуры и активность шлаков взаимосвязаны между собой. Шлаки, обладающие устойчивой структурой, как правило, слабоактивны или неактивны. И наоборот, шлаки слабоустойчивой или неустойчивой структуры – активны.

Это связано с содержанием свободной извести (СаО) и скоростью охлаждения. Чем больше СаО в шлаке, тем более он активен и менее структуроустойчив. Чем быстрее охлаждается шлаковый расплав, тем более в нем стекловатой фазы, тем более он структуроустойчив.

Устойчивость структуры шлака характеризуют потерей массы при испытании. В соответствии с ГОСТ 3344 – 83 шлаки подразделяются на следующие группы:

- устойчивая УС 1 – потери в массе до 3%;
- среднеустойчивая УС 2 – свыше 3% до 5%;
- слабоустойчивая УС 3 – свыше 5% до 7%.

*Примечание: шлак, не выдержавший испытаний на устойчивость, в дорожном строительстве не применяется.*

Активность показывает способность шлаков твердеть при взаимодействии с водой. Активность шлаков характеризуют прочностью при сжатии образцов, изготовленных из молотого шлака. По активности шлаки должны соответствовать следующим требованиям:

- высокоактивный – свыше 5 МПа;

- активный свыше 2,5 до 5 МПа;
- слабоактивный свыше 1 до 2,5 МПа;
- неактивные менее 1 МПа.

*Требование к материалам из шлаков*

*Шлаковый щебень.* Физико-механические свойства шлакового щебня изменяются в более широком интервале, чем свойства щебня из природных материалов. Это обуславливается его физико-химической неоднородностью, связанной с сырьем, технологией производства и условиями охлаждения.

Щебень из шлаков характеризуют маркой прочности, определяемой по показателю дробимости в цилиндре. При этом показатель дробимости для одной и той же марки, но для различных видов шлаков неодинаковы.

Таблица 1

***Показатели дробимости шлакового щебня***

| Вид материала                       | Доменные пористые | Доменные плотные | Мартеновские | Медеплавильные | Конверторные | Фосфорные |
|-------------------------------------|-------------------|------------------|--------------|----------------|--------------|-----------|
| Показатель дробимости в цилиндре, % | 44                | 19               | 17           | 8              | 39           | 12        |

Марка щебня по прочности по потере массы при раздавливании в цилиндре в водонасыщенном состоянии должна соответствовать ГОСТ 3344 – 83.

Таблица 2

***Показатели дробимости шлакового щебня в водонасыщенном состоянии***

| Марка щебня по прочности | Потеря, % по массе, для щебней из шлаков |                     |                |
|--------------------------|--|---------------------|----------------|
|                          | Черной металлургии                       | Цветной металлургии | Фосфорных      |
| 1200                     | до 15                                    | до 10               | до 15          |
| 1000                     | свыше 15 до 25                           | свыше 10 до 15      | свыше 15 до 20 |
| 800                      | свыше 25 до 35                           | свыше 15 до 20      | свыше 20 до 25 |
| 600                      | свыше 25 до 45                           | свыше 20 до 25      | свыше 25 до 35 |
| 300                      | свыше 45 до 55                           | свыше 25 до 35      | -              |

На показатель прочности шлакового щебня значительное влияние оказывает содержание слабых зерен. Значение этого показателя нормируется в таблице 3.

Таблица 3

**Содержание слабых зерен в шлаковом щебне**

| Марка щебня по прочности | Содержание слабых зерен, % по массе, для щебней из шлаков |                     |           |
|--------------------------|---|---------------------|-----------|
|                          | Черной металлургии  | Цветной металлургии | Фосфорных |
| 1200                     | 5   | 5                   | 5         |
| 1000                     | 5   | 5                   | 5         |
| 800                      | 10  | 10                  | 10        |
| 600                      | 20  | 10                  | 15        |
| 300                      | 30  | 15                  | -         |

Важным показателем, характеризующим прочностные свойства шлакового щебня, является его марка по истираемости в полочном барабане.

Таблица 4

**Марка шлакового щебня по истираемости в полочном барабане**

| Марка по истираемости | И-I   | И-II           | И-III          | И-IV           |
|-----------------------|-------|----------------|----------------|----------------|
| Потеря в массе, %     | до 25 | свыше 25 до 35 | свыше 35 до 45 | свыше 45 до 60 |

Морозостойкость шлакового щебня определяют путем замораживания – оттаивания и определяют на марки: Мрз (F) 15; 25; 50; 100; 150; 200; 300.

Щебень из шлаков не должен содержать металла более 5% по массе.

*Шлаковый песок.* Требования к шлаковому песку предъявляются такие же, как и песку из горных пород. Шлаковый песок в зависимости от размера зерен и модуля крупности подразделяется на крупный, средний, мелкий и очень мелкий.

Шлаковый песок должен быть чистым без примесей. Допускается содержание глинистых частиц:

- в песках для асфальтобетона не более 1%;
- в песках для оснований не более 5% по массе.

В дорожном строительстве применяется смесь шлакового песка и щебня, которая содержит щебня не менее 15% и не более 90%.

*Шлаковая брусчатка.* Брусчатый камень, полученный из огненно-жидких шлаков должен иметь правильную форму усеченной пирамиды с прямоугольным верхним и нижним основаниями, перпендикулярными осям.

Брусчатые камни имеют следующие размеры:

- высокие – 16 x 25 x 12,5 см;

- средние – 13 x 25 x 12,5 см;

- низкие – 10 x 20 x 10 см.

Так как брусчатку применяют для устройства покрытий, к поверхности верхних граней предъявляются требования по шероховатости. Поверхность должна иметь выступы (впадины) 2 – 3 мм, что соответствует коэффициенту сцепления 0,50 – 0,55.

Брусчатые камни должны быть изготовлены из материала с пределом прочности при сжатии не менее 120 МПа, морозостойкостью не менее 100 и истираемостью на круге не более 0,5 г/см<sup>2</sup>.

Шлаки, применяемые для изготовления брусчатки должны быть устойчивы против всех видов распада. Потери при испытании устойчивости не должны превышать 3% [5].

### ***Производство шлаковых материалов***

#### ***Получение щебня из отвальных шлаков***

Отвалы шлаков разрабатываются по той же технологии, что и естественные породы. При разработке шлаковых отвалов отсутствуют энерго- и трудоемкие вскрышные работы, сокращаются или исключаются буровзрывные работы.

Для организации производства щебня из отвальных шлаков необходимо:

- произвести разведку отвала;
- определить качество разновидностей и их пригодность для дорожного строительства;
- установить содержание металла;
- определить номенклатуру продукции.

### *Технология производства работ*

Шлак из отвала после отделения металла специальными электромагнитами поступает на первичное грохочение, где происходит разделение на фракции 0 – 40; 40 – 70 и более 70 мм. Материал крупностью более 70 мм и фракцию 40 – 70 мм складировывают, материал с размером зерен 0 – 40 мм направляют на вторичное грохочение, где получают фракции 0 – 10; 10 – 20; 20 – 40 мм, которые поступают на склад готовой продукции.

Если в шлаке, поступающем на переработку, содержание кусков более 120 мм превышает 20%, то его дробят.

#### *Получение литого шлакового щебня*

Для получения литого шлакового щебня из огненно-жидких доменных шлаков предусматривается слив расплава в траншее слоями 14 – 18 см. После затвердевания выливают следующий слой и так не менее 10 слоев.

Охлажденный шлак взламывают, дробят на щебень и грохотят на фракции 5 – 10; 10 – 20; 20 – 40; 40 – 70 и мельче 5 мм.

#### *Получение гранулированного шлака*

Грануляция происходит в результате мгновенного охлаждения шлакового расплава водой, паром или воздухом.

Один из наиболее эффективных способов грануляции – полусухой. Он предусматривает слив шлакового расплава из шлаковых ковшей в приемную воронку установки, затем через желоб на вращающийся барабан диаметром 1,2 – 1,4 м. Вместе с расплавом на барабан подают воду под давлением 0,2 – 0,5 МПа. Барабан служит для измельчения струи шлакового расплава и отброса гранул.

Обычно гранулируют доменные шлаки, возможна грануляция сталеплавильных и фосфорных шлаков.

#### *Получение щебня из сталеплавильных шлаков термоударным способом*

Сталеплавильные шлаки текущего производства перерабатывают на щебень термоударным способом, основанном на охлаждении шлака водой.

### *Технология производства работ*

- слив шлакового расплава в шлаковую траншею при температуре 1400°C;
- орошение водой в течение 30 – 40 минут;
- после испарения воды (1,5 – 2 часа) производят следующий слив

шлака;

- после заполнения траншеи переходят к следующей;
- после остывания шлака в траншее его дробят падающим грузом;
- шлак в дальнейшем поступает на переработку в щебень.

### *Получение литых изделий*

Литые изделия – брусчатка, бортовые камни, изготавливают их шлакового расплава, полученного из печи.

### *Технология производства работ*

На площадке, покрытой металлическими листами, устанавливают чугунные формы, на дно которых уложен шлаковый песок толщиной 2 – 4 м. Формы накрывают металлическими листами с литниковыми отверстиями и заливают шлаком из ковша. Над формой образуется слой шлака толщиной 10 – 25 см. Этот слой и слой песка на дне формы создают условия для медленного охлаждения форм и шлака в них.

После 5 – 7 суток остывания формы разбирают и вынимают готовые изделия.

Слой шлака над формой перерабатывают на щебень [1].

## **Лекция 7 «Материалы и изделия из расплавов»**

### ***Стекланные расплавы. Ситаллы.***

Стекло представляет собой твердый аморфный сплав силикатов сложного строения. Строительное стекло содержит:  $\text{SiO}_2$  – 75 – 80%;  $\text{CaO}$  – 10 – 15%;  $\text{Na}_2\text{O}$  около 15%. Средняя плотность стекла 2,5 г/см<sup>3</sup>, предел прочности на сжатие 70 – 100 МПа, на изгиб 35 – 85 МПа, твердость по шкале Мооса 5 – 7. Основным недостатком стекла является его хрупкость, т.е. плохое сопротивление удару.

Стекло получают варкой исходных материалов (кварцевого песка, известняка, соды или сульфата натрия) в стекловаренных печах при температуре 1500 °С. Стекланные изделия получают путем проката, шлифовки, отливки и других способов обработки стеклнного расплава.

*Листовое стекло* используется для остекления оконных и дверных проемов. Его вырабатывают трех сортов и в зависимости от толщины шести размеров: 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 мм. Сорт стекла определяется наличием де

фектов – пузырь, свиль, плоскость и другие.

*Пустотелые стеклянные блоки* выпускают шести- и четырехгранной формы. Используются как вставки при кладке наружных стен в оконных проемах, в просветах железных решеток и т.д.

*Катафот* представляет собой стеклянную полусферическую линзу, зажим и отражатель, устроенные из сплавленных мелких шариков. Они эффективно отражают свет фар и широко используются в дорожном строительстве для обустройства дорог и организации дорожного движения. Изготавливают диаметром 20; 28 и 51 мм, могут быть бесцветными, красного, зеленого и других цветов.

*Стеклопрофилит (профильное стекло)* – элементы швеллерного или коробчатого сечения из бесцветного или окрашенного стекла длиной до 6 метров, шириной 25 – 50 см, толщина стекла в таких изделиях – 5 – 6 мм, светопропускная способность 40 – 70%.

Используют для устройства внутренних перегородок в помещениях, для строительства автопавильонов и автобусных остановок.

*Ситаллы* получают направленной кристаллизацией стекол или расплавов различных составов, например, шлакоситалл. Важнейшими преимуществами данного материала являются высокие показатели механических свойств, стойкость к термическим воздействиям. Средняя плотность изделий составляет 2,5 – 2,6 г/см<sup>3</sup>, прочность при сжатии до 500 МПа, при изгибе до 120 МПа. Выпускают ситаллы черной, белой и желтой окраски.

Разновидностью ситаллов является *листовой ситалл* (шлакоситалл), который применяют для наружной и внутренней облицовки различных сооружений, как кровельный и листовой материал.

### ***Плавленные каменные материалы***

Плавленные каменные материалы и изделия получают расплавлением предварительно подготовленной шихты из горных пород и добавок к ним, разливкой расплава в формы с последующим охлаждением.

Из основных горных пород (базальт, диабаз) получают изделия темного цвета, из карбонатных пород и песка – светлого цвета.

Средняя плотность изделий из плавленных материалов – 2,9 – 3,0 г/см<sup>3</sup>, предел прочности при сжатии 200 – 240 МПа, при изгибе 40 – 50 МПа. Из-за малой пористости изделия не поглощают воду, следовательно,

они морозостойки.

Их применяют в конструкциях, подверженных многократному замораживанию – оттаиванию, работающих в агрессивных средах. В дорожном строительстве находит применение плавленный каменный материал в виде отдельных фракций крупностью 10 – 20 и 10 – 15 мм – *синопал* – материал, полученный в результате обжига при температуре 1500 °С и охлажденной в воде шихты из кварцевого песка, доломита и мела. Средняя плотность синопала 1,2 г/см<sup>3</sup>, водонасыщение 0,5 %, предел прочности при сжатии 250 – 300 МПа. Синопал применяют как осветляющую добавку в асфальтобетон и для повышения светоотражательной способности материала дорожного покрытия [3].

### **Раздел 3 «Керамические материалы и изделия»**

#### **Лекция 8 «Керамические материалы, производство, свойства, требования к ним»**

##### ***Классификация керамических материалов***

Керамическими называют материалы, получаемые обжигом до камневидного состояния различных глиняных масс с добавками.

В зависимости от строения керамические материалы подразделяют на:

- пористые, которые могут поглощать более 5% воды;
- плотные, которые поглощают менее 5% воды.

По назначению керамические материалы делят на виды:

- стеновые (кирпич, камни пустотелые);
- сыпучие (щебень, гравий и песок керамзитовый, аглопоритовый);
- кровельные (черепица);
- трубы керамические (канализационные, дренажные).

##### ***Сырье для производства керамических материалов***

Для производства керамических материалов и изделий используют сырьевые смеси, состоящие из пластичного сырья (глины) и добавок (отошающих, порообразующих, плавней и других).

*Глина* – обломочная осадочная горная порода, способная с водой образовывать пластичное тесто, при высыхании сохранять приданную форму, а после обжига приобретать свойства камня.

Важнейшей составной частью глин является минерал каолинит ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). В качестве примесей содержатся: полевой шпат, слюда, соединения железа, карбонаты кальция, магния и другие вещества.

В состав глин входят различные по крупности частицы:

- 5 – 0,14 мм – песчаные фракции;
- 0,14 – 0,005 мм – пылевидные фракции;
- мельче 0,005 мм – глинистые фракции.

Основное влияние на связующую способность глин и их усадку оказывают частицы мельче 0,001 мм.

Свойства глин определяется соотношением, видом и дисперсностью глинистых примесей. Наиболее важными свойствами глин являются пластичность, воздушная усадка (дообжиговые свойства); огнеупорность, спекание и огневая усадка (обжиговые свойства).

*Пластичность глин* – способность глиняного теста изменять форму без разрыва и нарушения сплошности под действием внешних усилий и сохранять приданную форму после прекращения их действия. Пластичность может быть повышена путем добавления пластичных глин или отмучивания песчаных частиц. Снижают пластичность путем введения отощающих добавок.

*Воздушная усадка* – уменьшение объема образца при его сушке. При затворении глин водой происходит набухание. Удаление из глин воды сопровождается воздушной усадкой. Величина относительной воздушной усадки может быть от 2 до 12%. Песок и другие отощающие добавки снижают воздушную усадку. Кроме того, воздушная усадка зависит от начальной влажности, размеров и режима сушки изделия. Неправильная усадка приводит к растрескиванию и искривлению изделия.

*Огнеупорностью* называют способность глин, не расплавляясь, выдерживать действие высоких температур. По огнеупорности глины делят на три класса:

- огнеупорные – с огнеупорностью свыше 1580°C;
- тугоплавкие - с огнеупорностью 1580 - 1350°C;
- легкоплавкие - с огнеупорностью ниже 1350°C.

*Спекаемостью* называется способность глин при обжиге уплотняться с образованием камнеподобного материала, характеризуется интервалами спекания и спекшегося состояния. В процессе спекания масса уплотняется, вследствие чего происходит *огневая усадка*, которая у глин колеблется от 2

до 8%.

### *Добавки*

*Отощающие материалы* вводят в состав глинистых масс для регулирования их пластичности, улучшения сушильных и обжиговых свойств. В качестве отощающих материалов применяют: кварцевый песок, молотый шлак, отходы керамзитового и аглопоритового производства, золу в количестве до 10 – 25 %.

*Порообразующие добавки* применяют для уменьшения средней плотности керамики и сокращения расхода полноценного топлива. На этапе сушки они выполняют роль отощающих добавок. В качестве порообразователей используют выгорающие добавки – древесные опилки (8 – 25%), молотый антрацит, кокс, бурые угли в количестве до 25%

*Плавни-добавки* – в смеси с глинистыми веществами дают легкоплавкие соединения и снижают температуру обжига изделий. В качестве плавней используют измельченные полевые шпаты, молотое легкоплавкое стекло, фосфаты натрия и кальция и другие вещества.

*Пластифицирующие добавки* увеличивают пластичность и связность глин. К ним относят высокоплавкие глины, ПАВ – отходы целлюлозной промышленности (СДБ), синтетических жирных кислот.

### *Производство керамических материалов*

Технология производства керамических материалов, несмотря на их широкий ассортимент, различные физико-химические свойства и виды сырья, имеет общие основные этапы:

- добыча и транспортирование сырья;
- подготовка формовочной массы;
- формование изделий;
- воздушная сушка изделий;
- обжиг изделий.

#### *Добыча и транспортирование*

Глинистое сырье разрабатывают открытым способом экскаваторами или скреперами. Для транспортирования используют автомобильный или рельсовый транспорт.

Легкоплавкие глины – местное сырье и карьер входит в состав керамического производства. Огнеупорные и тугоплавкие глины – привозное

сырье, которое разрабатывают и поставляют специальные организации.

#### *Подготовка формовочной массы*

Заключается в выделении каменистых включений, измельчении, введении добавок, корректировании влажности и получении однородной массы.

На современных заводах механической обработке глин предшествует естественная, которая происходит в результате вымораживания и вылеживания глин в увлажненном состоянии.

Для получения пластичной формовочной массы с влажностью 18 – 23% из глин удаляют каменистые включения на дезинтеграторных ребристых вальцах и других машинах. Затем производят грубое измельчение глин глинорыхлителями, вальцами с гладкой и рифленой поверхностью. Отощающие добавки вводят в процессе грубого измельчения или в смеситель.

Полученная масса подвергается тонкому измельчению и дальнейшему смешиванию на бегунах, вальцах глинопротирочных машин.

Корректирование влажности и создание однородной массы осуществляется в глиномялке.

#### *Формование изделий*

В зависимости от вида и типа сырья осуществляется тремя способами: пластическим, полусухим (сухим) и способом литья.

Пластическим способом формуют большинство изделий стеновой керамики, черепицу, канализационные трубы, клинкерный кирпич и другие. При этом способе используют пластичные глинистые массы с влажностью 18 – 23%, легко поддающиеся формованию на ленточных прессах.

При полусухом и сухом способах формования используют пресс-порошки с влажностью соответственно 8 – 12% и 2 – 8%. Этот способ позволяет применять глины пониженной пластичности. Формуют керамические изделия из пресс – порошков на механических и гидравлических прессах.

#### *Сушка изделий*

Производится до остаточной влажности 2 – 5% и необходима для предотвращения деформаций и растрескивания сырца в результате быстрого испарения воды. Скорость сушки зависит от свойств глиняной массы, размеров изделия, типа сушильного устройства.

### *Обжиг изделий*

Наиболее ответственный и завершающий этап в производстве керамических изделий. Весь процесс обжига можно разделить на три периода:

- 1 – досушка изделий и нагрев до конечной температуры обжига;
- 2 – выдержка при заданной температуре;
- 3 – охлаждение изделий.

Режим и температуру обжига устанавливают с учетом свойств керамических масс и изделий, типа печей.

Для обжига изделий строительной керамики применяют печи непрерывного действия – тоннельные, щелевые.

Цикл обжига длится 1,5 – 2 суток, а производительность печей при длине 140 м и ширине 4,2 м – 50 миллионов штук в год [1].

### *Свойства керамических материалов и требования к ним*

*Истинная плотность* керамических материалов определяется химико-минералогическим составом, способом формования и степенью обжига. Чем полнее прошли процессы спекания, тем выше истинная плотность изделия, в среднем она составляет 2,5 – 2,7 г/см<sup>3</sup>.

*Средняя плотность* керамических материалов изменяется в широких пределах и составляет 0,1 – 2,4 г/см<sup>3</sup>.

*Пористость* обычно составляет 10 – 40 %. Она возрастает при введении в сырьевую массу выгорающих, порообразующих добавок.

*Водопоглощение* служит характеристикой открытой пористости керамических материалов. Пористые материалы имеют водопоглощение 6 – 20%, плотные – 1 – 5% по массе.

*Прочность* керамических материалов определяется составом спекшейся глинистой массы и пористостью. Полное спекание глинистой массы обеспечивает получение прочности при сжатии до 100 МПа.

*Морозостойкость* зависит от общей пористости и от отношения объема пор диаметром более 200 мкм, заполняемых водой лишь частично, к объему пор диаметром 0,1 – 200 мкм, заполненных водой, замерзающей при температурах от -15°C до -20°C. Марка по морозостойкости обозначает число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживает материал в условиях стандартного испытания без каких-либо признаков видимых разрушений [5].

## **Виды керамики для дорожного строительства**

### *Плотные керамические материалы*

К изделиям, имеющим плотный спекшийся черепок, относят дорожный клинкерный кирпич, тротуарные плиты, дренажные трубы, рыхлые сыпучие материалы (керамдор) и другие. Все эти изделия характеризуются высокой прочностью, плотностью, малой истираемостью, стойкостью в агрессивных средах.

*Дорожным клинкерным кирпичом* называют каменный материал, полученный из глины путем обжига до полного спекания без оплавления поверхности.

В зависимости от назначения к нему предъявляются требования по свойствам и размерам, представленные в таблице 5.

Таблица 5

### **Требования к дорожному клинкерному кирпичу**

| Показатели                                 | Марки |    |     |
|--|-------|----|-----|
|  | I     | II | III |
| Водопоглощение, % по массе                 | 2     | 4  | 6   |
| Рсж кубика 5х5х5см, МПа, не менее          | 100   | 70 | 40  |
| Сопротивление истиранию на круге, не менее | 18    | 16 | 14  |
| Сопротивление удару на копре, не менее     | 15    | 12 | 8   |
| Морозостойкость, не менее                  | 100   | 50 | 30  |

### *Область применения*

Дорожный клинкерный кирпич используют для мощения автомобильных дорог и тротуаров, устройства полов в промышленных зданиях, для кладки коллекторов.

*Трубы дренажные* выпускают:

- гладкие неглазурованные без раструбов;
- глазурованные с раструбом и перфорацией на стенках.

Водопоглощение данных изделий черепка должно быть не более 15%, морозостойкость не ниже 15 циклов.

Применяют для устройства дренажей на автомобильных дорогах.

*Керамдор* (керамический плотный щебень) получают обжигом до

полного спекания во вращающейся печи, изготовленных мокрым способом гранул глинистых масс или дроблением штучного клинкера до крупности зерен мельче 70 мм.

Зерна керамдора имеют плотную структуру, обеспечивающую необходимые плотность и морозостойкость. Поверхность зерен имеет хорошее сцепление с органическими вяжущими материалами и цементным камнем.

Основным сырьем для производства керамдора служат легкоплавкие глины и суглинки, не вспучивающиеся при обжиге. Состав сырья корректируют добавками.

#### *Технология получения керамдора*

- добыча сырья и подготовка сырьевой массы;
- изготовление гранулированного сырца;
- сушка сырца;
- обжиг:  $T_{нач}=250 - 700^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{прок}=600 - 850^{\circ}\text{C}$ ;  $T_{спек}=1050 - 1280^{\circ}\text{C}$ ;
- охлаждения готового продукта;
- рассев и складирование готовой продукции.

Керамдор в зависимости от крупности зерен подразделяют на фракции: 20 – 40; 10 – 20; 5 – 10 мм. Допускается поставка керамдора фракций 5 – 15; 10 – 15; 15 – 20; 25 – 40 мм и в виде смеси двух или более фракций. Частицы керамдора мельче 5 мм (керамдоровый песок) могут быть получены путем дробления крупных зерен.

Качество керамдора может быть определено визуально и по результатам лабораторных исследований.

Визуальная оценка состоит в определении степени обожженности (по цвету), характера поверхности и структуры зерен (остеклование, трещины, «черная середина», вспучивание и т.д.); прочности (по характеру разрушений – на крупных кусках или с образованием значительного количества мелочи).

Основным показателем качества керамдора является плотность, характеризующаяся показателями средней плотности и водопоглощения. В зависимости от этих величин керамдор подразделяют на марки, представленные в таблице 6.

*Показатели качества керамдора*

| Показатели качества                     | Марки керамдора |           |              |
|---|-----------------|-----------|--------------|
|   | I               | II        | III          |
| Средняя плотность,<br>г/см <sup>3</sup> | более 2,2       | 2,2 – 2,0 | 2,0 –<br>1,8 |
| Водопоглощение, % по<br>массе           | не ниже 7       | не ниже 7 | -            |

Поверхность зерен не должна быть оплавленной, остеклованной. Керамдор не должен содержать засоряющих примесей. Содержание слабых зерен не должно превышать 10% по массе.

*Область применения*

Керамдор применяют вместо природного щебня (гравия) для всех видов дорожных работ при строительстве оснований и покрытий всех типов на автомобильных дорогах I – V категорий. В качестве заменителя природного щебня (гравия) при приготовлении асфальтобетонных и битумоминеральных смесей, в качестве крупного заполнителя в цементобетонных, для устройства морозозащитных слоев, шероховатых тонкослойных покрытий.

*Пористые керамические материалы*

Наиболее широко применяемыми материалами этой группы являются керамзит и аглопорит, а также материалы на их основе.

*Керамзит* – пористый материал, имеющий пемзовидную структуру, образованную преимущественно замкнутыми порами и спекшуюся шероховатую прочную поверхность. Керамзит выпускают в виде щебня и гравия. При дроблении образуется керамзитовый песок.

*Керамзитовый гравий*

Представляет собой искусственный пористый материал, полученный вспучиванием при обжиге подготовленных гранул (зерен) из силикатных пород (глин, суглинков, опок, различных сланцев, трепела, доломита) и отходов промышленности (зол, шлаков).

В соответствии с ГОСТ 9759 – 83 гравий в зависимости от размеров зерен подразделяют на фракции 5 – 10; 10 – 20 и 20 – 40 мм.

Содержание расколотых частиц не должно превышать:

- для гравия высшей категории качества – 10% по массе;

- для гравия первой категории качества – 15% по массе.

Гравий каждой фракции в зависимости от насыпной плотности подразделяют на марки: 250; 300; 350; 400; 450; 500; 550; 600.

Водопоглощение гравия в течение 1 часа не должно превышать:

- для гравия марок до 400 включительно – 30% по массе;
- для гравия марок от 450 до 600 включительно – 25% по массе;
- для гравия марок свыше 600 – 20% по массе.

Морозостойкость керамзитового гравия должна иметь не менее 15 циклов.

#### *Область применения*

Керамзитовый гравий широко используют в качестве пористого заполнителя для легких бетонов, в мостостроении, в дорожных конструкциях, в качестве утеплителя в промышленном и гражданском строительстве.

#### *Керамзитовый песок*

Получают дроблением керамзитового гравия. Он представляет собой смесь угловатых частиц с крупностью 2,5 – 0,16 мм. Минимальное содержание частиц менее 0,16 мм не должно превышать 5% по объему.

Допускается выпускать песок, получаемый при производстве керамзита и обогащаемый мелкими фракциями золы, при условии, что зерновой состав песка будут удовлетворять требованиям ГОСТ 9757 – 83.

#### *Аглопорит*

Материал, полученный при обжиге глинодержащего сырья с добавкой 8 – 10% топлива (каменного угля, кокса, бурого угля и других). Топливо выгорает, а частицы сырья спекаются. Применяют местное сырье: легкоплавкие глинистые и лессовые породы, а также отходы промышленности – золы, топливные шлаки и углесодержащие шахтные породы.

Аглопорит выпускают в виде аглопоритового щебня, гравия и песка.

*Аглопоритовый щебень* выпускают крупностью от 5 до 40 мм шести марок по насыпной плотности: 400; 500; 600; 700; 800; 900.

Прочность аглопоритового щебня при одинаковой насыпной плотности значительно ниже, чем керамзита. Требования по морозостойкости аналогичные керамзитовым материалам.

*Аглопоритовый гравий* выпускают четырех марок по насыпной плотности: 500; 600; 700; 800 и семи марок по прочности от П50 до П250 (предел прочности при раздавливании в цилиндре).

## Раздел 4 «Пластмассы и полимерные материалы»

### Лекция 9 «Материалы и изделия из пластических масс»

#### *Общие сведения*

Полимерные строительные материалы получают из пластических масс.

Пластмассами называют материалы, основным связующим компонентом которых являются полимеры как синтетическое высокомолекулярное вещество и обладающие пластичностью при определенных температурах.

Кроме полимера пластмассы могут содержать наполнители, пластификаторы, красители, стабилизаторы, смазывающие вещества и другие специальные добавки [3].

По структуре и свойствам пластмассы и изделия являются представителями искусственных строительных конгломератов (комбинированных конгломератов и микроконгломератов).

#### *Преимущества применения материалов из пластмасс*

1. Одним из ценных свойств пластмасс является их относительная легкость. Она колеблется в широких пределах от 0,1 до 2,2 г/см<sup>3</sup>.
2. Большинство пластмасс обладают высокими механическими свойствами. Они хорошо сопротивляются сжимающим, растягивающим, изгибающим, истирающим и ударным воздействиям.
3. Пластмассы характеризуются высоким коэффициентом конструктивного качества (1,0 – 2,0).
4. Положительной характеристикой пластмасс является их малая теплопроводность и водопоглощение. Теплопроводность большинства обычных изделий из пластмасс составляет 0,15 – 0,70 Вт/(м·°С), а у пористых материалов – 0,03 Вт/(м·°С), т.е. приближается к теплопроводности воздуха (0,23 Вт/(м·°С)).
5. К положительным свойствам пластмасс можно отнести также их способность прокрашиваться на всю толщину изделия.
6. Они легко поддаются технологической обработки – сверлятся,

7. обтачиваются и свариваются в струе горячего воздуха.
8. Отдельные виды пластмасс (органические стекла) обладают высокой прозрачностью, которая находится в пределах 85 – 94 относительно прозрачности алмаза, принятой за 100.
9. Особые декоративные свойства пластмасс – гладкая, не требующая полировки поверхность, четко выраженный колер.

Вместе с тем пластмассы имеют ряд недостатков: малая поверхностная плотность, горючесть, токсичность некоторых компонентов, повышенная ползучесть и другие.

### **Компоненты пластмасс**

*Полимеры* – вещества, состоящие из гигантских молекул, которые построены из множества связанных между собой атомов. Получают методами полимеризации и поликонденсации, обычно при нагреве служат жидкой фазой конгломерата. Они при отверждении образуют непрерывную сетку-матрицу вяжущего вещества и сцепляют компоненты в единый конгломерат – пластмассу.

В большинстве случаев полимеры содержат многократно повторяющиеся структурные элементарные звенья – мономеры.

Форма макромолекул, применяемых в производстве синтетических материалов, может быть:

- а) линейной 
- б) разветвленной 
- в) сетчатой 

Полимеры с линейной структурой макромолекул размягчаются при нагревании и снова отвердевают при охлаждении, сохраняя основные свойства, т.е. являются *термопластичными*. Такие полимеры набухают или растворяются в различных растворителях. К ним относятся: полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, поливинилхлорид, полистирол, поливинилацетат, инден-кумароновые и полиамидные полимеры.

Полимеры, макромолекулы которых имеют структуру пространственной сетки, представляют собой твердые, стекловидные, нерастворимые и неплавкие вещества. Материалы, способные к образованию молекул та-

кого строения и отвердевающие при нагревании, называются *терморективными*. К полимерам этой группы можно отнести фенолформальдегидные, полиэфирные и эпоксидные смолы, кремнийорганические полимеры [2].

Промежуточное положение занимают разветвленные полимеры.

*Наполнители*. Они подобно заполнителям в бетонах, значительно удешевляют стоимость материалов. Кроме того, наполнители подобно наполнителям в керамических массах, строительных растворах и бетонах уменьшают усадку пластмасс при получении изделий. Они являются своеобразным механическим каркасом, увеличивающим прочность пластмасс.

В качестве наполнителей применяют материалы органического и неорганического происхождения.

*Органические наполнители*. Главнейшими представителями являются: хлопковый пух, бумага и древесная мука.

Древесная мука – один из самых распространенных наполнителей. Для изготовления используют различные отходы деревообработки. Применяют в составах пресс – порошков.

Бумага – лучший наполнитель для изготовления слоистых пластиков с повышенными электроизоляционными свойствами. Ее применяют для производства композиционных пластмасс.

*Неорганические наполнители*. К ним относят асбестовые наполнители, которые получают в результате переработки асбеста. Введение асбеста повышает тепло- и водостойкость изделий, а также их электрические свойства.

Стекловолоконное волокно используют для создания стекловолокнистого материала и производства стеклотекстолита.

Кроме того, в качестве наполнителей используют тальк, каолин, молотую слюду, кварц и другие вещества.

Соотношение между связующим веществом и наполнителем в пластмассах может колебаться в широких пределах, например, древесностружечные плиты содержат 8 – 12% смолы и около 90% наполнителя; изделия, содержащие листовой или тканевый наполнитель состоят из 15 – 16% полимера и 85 – 40% наполнителя, а полиэтиленовые трубы и пленки, полистирольные плитки, органическое стекло не содержат наполнителей.

*Пластификаторы*. В большинстве случаев пластификаторами являются маслянистые мало летучие жидкости, которые вводят в состав пласт-

масс, чтобы увеличить гибкость материала в период эксплуатации и улучшить технологические свойства композиции на стадии формования изделия.

*Отвердители.* Химические вещества, которые вводят в композицию для перевода ряда полимеров в неплавкое и нерастворимое состояние или для ускорения процессов отвердевания термореактивных смол.

В зависимости от вида полимера и режима отверждения (горячее или холодное) применяют те или иные отвердители: кислоты, ангидриды, перекиси, спирты, амины и другие вещества.

*Стабилизаторы.* Вещества сложного химического состава, препятствующие старению пластмасс, т.е. изменению физико-химических свойств во времени. Они сохраняют стабильность структуры в процессе переработки пластмасс в изделие, а в период эксплуатации предохраняют изделие от тепловых воздействий, атмосферных факторов, кислорода воздуха, солнечной радиации и других воздействий.

*Смазывающие вещества.* Вводят в композицию для предупреждения прилипания изделий к стенкам формы в процессе формования. В качестве смазывающих веществ применяют стеарин, олеиновую кислоту, соли жирных кислот.

*Окрашивающие вещества.* Вводят в композицию для придания изделию необходимого колера. В производстве пластмасс и изделий из них чаще всего находят применение следующие неорганические пигменты: охра, сурик, умбру, ультрамарин, оксид хрома и другие. Из органических красителей используют нигразин, хризоидин и другие. Светлые тона придают белые пигменты: двуоксид титана, оксид цинка и т.д.

*Порообразователи.* Их используют для получения газонаполненных пластмасс. Они представляют собой жидкие, твердые и газообразные вещества минерального и органического происхождения. Наиболее распространенными порообразователями являются твердые вспенивающие вещества – порофоры, которые при нагревании разлагаются и выделяют газы, вспенивающие полимер, находящийся в размягченном состоянии. К ним относятся: карбонат аммония, углекислый аммоний и бикарбонат натрия.

Кроме перечисленных компонентов в состав пластмасс могут входить вещества, повышающие стойкость к старению под влиянием солнечной радиации и кислорода воздуха (антиоксиданты), защищающие изделия от плесени и бактерий (фунгициды) [6].

## *Технология производства пластмасс*

При производстве пластмасс и изделий из них осуществляются те же технологические операции, свойственные всем искусственным строительным конгломератам: подготовительные работы по активации исходных компонентов, дозирование компонентов и их перемешивание в смесительных аппаратах, формование изделий методами вальцевания, горячего вальцевания, литья под давлением, экструзии и других.

*Вальцевание на каландрах* – технологический передел, при котором размягченная композиция формируется в зазоре между вращающимися валками каландров, образующими ленту изделия, толщину и ширину которых можно регулировать. Такая технология применяется для обработки поливинилхлоридных пластмасс при изготовлении пленок, рулонных материалов для пола. Для изготовления рулонных материалов на тканевой основе используют *промазной* способ. Основными технологическими операциями являются: нанесение линолеумной массы на ткань, термообработка, уплотнение и охлаждение линолеумной ленты.

*Прессование* – изготовление изделий в металлических пресс-формах. Материал (пресс - порошок), заполнивший форму, под действием тепла и давления превращается в готовое изделие заданной конфигурации. При этом различают:

а) *метод прямого прессования*, предусматривающий следующие операции: загрузка готовой композиции в нагретую пресс-форму, собственно прессование, выдержка пресс – материала под давлением и выгрузку изделия;

б) *метод литьевого прессования* (литье под давлением), при котором технологические операции осуществляются в следующей последовательности: закрытие пресс-формы, установка на ней загрузочной камеры с горячим пресс – материалом (на один цикл работы), создание давления на поршень загрузочной камеры для заполнения пресс – формы высоко текучим материалом, поднятие загрузочной камеры и разъем пресс – формы и извлечением готового изделия. Литье под давлением осуществляется также с помощью специальных литьевых машин.

*Экструзия* – процесс, при котором заданный профиль изделия производится продавливанием размягченной исходно пластмассы через формообразующее устройство – экструзионную головку. С помощью шнековых

экструзионных машин изготавливают трубы, пленки, линолеум.

### *Разновидности пластмасс, применяемых в строительстве*

#### *Стеклопластики*

Стеклопластики – материалы на основе полимерного связующего и стеклянного наполнителя, в качестве которого широко применяют стеклянные волокна различной формы: нити, ткани, ленты, холсты. В качестве связующего используют полиэфирные, фенолформальдегидные, эпоксидные и другие смолы. Стеклянные волокна имеют повышенную прочность на разрыв, химическую стойкость и негорючесть. Прочность стеклянного волокна достигает 25 МПа. Они находят применение для обустройства автомобильных дорог путем установки километровых столбов, указательных знаков, ограждающих устройств и постройки автопавильонов на остановках.

В зависимости от вида наполнителя различают следующие группы стеклопластиков.

*Стеклотекстолиты* – пластики на основе стеклотканей. Их выпускают различных марок, которые отличаются толщиной волокон ткани и содержанием полимеров. Применяют его как конструкционный и электроизоляционный материал.

*Стекловолокниты* – пластики на основе волокна в виде волокон и термореактивной смолы. Предел прочности на растяжение этих материалов составляет 70 – 100 МПа при модуле упругости  $E = 8000 - 10000$  МПа. Используют для устройства светопрозрачных элементов, для конструкций, работающих в агрессивных средах.

#### *Газонаполненные пластмассы*

Для устройства противопучинных, гидро- и теплоизоляционных слоев в земляном полотне находят применение газонаполненные пластмассы – *пенопласты*. В зависимости от упругих характеристик пенопласты делят на жесткие, полужесткие и эластичные.

*Пенопласт ПС-1* на основе полистирола, выпускают в виде плит размером 2000х2000 мм толщиной 40 – 50 мм, со средней плотностью 0,06 – 0,22 г/см<sup>3</sup> и выше, которая обуславливается количеством вводимого в исходную смесь газообразователя.

*Пенопласт ПС-4* также на основе полистирола, выпускают в виде

плит размером 1500x1500 мм, толщиной не менее 50 мм, со средней плотностью от 0,035 до 0,080 г/см<sup>3</sup> и выше. Прочность невелика, т.к. чем ниже плотность пенопласта, тем ниже его прочностные характеристики.

Пенопласты из поливинилхлорида выпускают жесткие и эластичные.

*Жесткие, марок ПВХ-1 и ПВХ-2*, представляют собой легкую газонаполненную массу в виде твердой пены с равномерно замкнутой пористой структурой.

*Эластичный ПВХ-3* – получают из того же сырья и по той же технологии, но с добавлением пластификатора. Выпускают в виде плит размером 500x500x50 мм.

#### *Пластмассы для разметки дорожных покрытий*

Пластмассы для разметки дорожных покрытий представляют собой смесь светлых заполнителей, полимерного связующего, пигментов, а необходимых случаях отвердителей и пластификаторов.

В зависимости от вида полимерного вяжущего пластмассы подразделяются на терморезактивные и термопластичные.

*Термопластичные* маркировочные материалы состоят из термопластичного связующего, пигментов, светлых минеральных заполнителей и пластификаторов. Материал приготавливают и укладывают в горячем состоянии, наносят на покрытие в виде смеси и в виде заранее изготовленных изделий – пленок, лент, плиток.

*Терморезактивные* маркировочные материалы состоят из терморезактивных полимеров, отвердителя, пигментов и светлых минеральных заполнителей. Эпоксидноминеральные или полиэфирноминеральные смеси получают путем смешения в холодном состоянии полимерных связующих и минеральных заполнителей [6].

#### *Пленки и пленкообразующие вещества*

*Лак-этиноль* – раствор темно-коричневого цвета с резким запахом и плотностью 0,95 г/см<sup>3</sup>, токсичен, огнеопасен, на воздухе быстро полимеризуется. Образующаяся пленка надежно удерживает влагу в цементобетонных покрытиях и предохраняет от трещинообразования. Применяется для ухода за твердеющим бетоном. Расход материала от 0,5 до 2 кг/м<sup>2</sup>. Является отходом производства синтетического каучука.

*Эпоксидные смолы* в дорожном строительстве применяются для устройства защитных ковриков в местах разрушений и ремонта цементобетон

ных покрытий. Норма розлива смолы вместе с отвердителем составляет 1,1 – 1,6 кг/м<sup>2</sup>. После розлива тонким слоем (до 2 мм) рассыпают песок или высевки.

*Жидкие клеи (БФ)* используют при строительстве дорожных одежд и искусственных сооружений. Клеи БФ-2, БФ-3, БФ-4, БФ-6 образуют эластичную, прочную пленку с высокой адгезионной способностью к различным материалам.

## Приложение 1

### *Перечень действующей нормативной литературы*

| Индекс документа | Наименование документа  | Примечание                       |
|------------------|---|----------------------------------|
| ГОСТ 9.707 - 81  | Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение.            | Изм.1 ИУС 12-89                  |
| ГОСТ 781 – 78    | Битум нефтяной высокоплавкий мягчитель. ТУ  |                                  |
| ГОСТ 1440 - 78   | Приборы для определения пенетрации нефтепродуктов. Общие технические условия.           | Изм.1 ИУС 3-86, изм 2.ИУС 10-90  |
| ГОСТ 1510 - 84   | Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение.              |                                  |
| ГОСТ 2910 – 74*Е | Текстолит технический листовой. ТУ  |                                  |
| ГОСТ 3344 - 85   | Щебень и песок шлаковые для дорожного строительства. Технические условия.               | Попр. ИУС 2-90,изм. 1 ИУС 5-2001 |
| ГОСТ 4333 - 87   | Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле   | Изм. 1 ИУС 3 - 90                |
| ГОСТ 5578 – 94   | Щебень и песок из шлаков черной и цветной металлургии для бетонов. Технические условия. | Поправка ИУС 10 - 96             |
| ГОСТ 6666 - 81   | Камни бортовые из горных пород. ТУ  | БСТ 2/2001                       |
| ГОСТ 8267 - 93   | Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.    |                                  |
| ГОСТ 8269.0 - 97 | Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства            |                                  |

|                  |  |                     |
|------------------|--|---------------------|
|                  | для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.  |                     |
| ГОСТ 8269.1 - 97 | Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа. |                     |
| ГОСТ 8735 - 97   | Песок для строительных работ. Методы испытаний.  | БСТ 2/2001          |
| ГОСТ 9128 - 2009 | Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия.   | БСТ 7 - 98          |
| ГОСТ 9757 - 90   | Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.  |                     |
| ГОСТ 9758 - 86   | Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний.  |                     |
| ГОСТ 1034-82     | Пленка полиэтиленовая. Технические условия.  |                     |
| ГОСТ 10832 - 91  | Песок и щебень перлитовые вспученные.  |                     |
| ГОСТ 11501 -78   | Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы   |                     |
| ГОСТ 11504 - 73  | Битумы нефтяные. Метод определения количества испарившегося разжижителя из жидких битумов.                                       | Изм. 1 ИУС 2 - 84   |
| ГОСТ 11505 - 75  | Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости.   | Изд. 1993 г. с изм. |
| ГОСТ 11506 - 73  | Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.   |                     |
| ГОСТ 11507 - 78  | Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу.  |                     |
| ГОСТ 11508 - 74  | Битумы нефтяные. Метод определения сцепления битума с мрамором и песком  |                     |
| ГОСТ 11512 - 65  | Битумы нефтяные. Метод определения зольности.  |                     |
| ГОСТ 11955 - 82  | Битумы нефтяные дорожные жидкие. ТУ  |                     |
| ГОСТ 12801 - 98  | Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.                           |                     |
| ГОСТ 17789 - 72  | Битумы нефтяные. Метод определения содержания парафина.  |                     |
| ГОСТ 18180       | Битумы нефтяные. Метод определения   |                     |

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| - 72                   | изменения массы после прогрева.   |  |
| ГОСТ 18329<br>- 73     | Смолы и пластификаторы жидкие. Методы определения плотности.  | Изм. 1 ИУС<br>10-88                    |
| ГОСТ 20419<br>- 83     | Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования.                                    |  |
| ГОСТ 20739<br>- 75     | Битумы нефтяные. Метод определения растворимости.   |  |
| ГОСТ 22245<br>- 90     | Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.   |  |
| ГОСТ 22263<br>- 76     | Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия.   |  |
| ГОСТ 23668<br>- 79     | Камень брусчатый для дорожных покрытий. ТУ  |  |
| ГОСТ 25163<br>- 82     | Поверхностно-активные вещества (ПАВ).   |  |
| ГОСТ 25607<br>- 94     | Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.     |  |
| ГОСТ 25945<br>- 98     | Материалы и изделия полимерные строительные герметизирующие нетвердеющие. Методы испытаний.                           |  |
| ГОСТ 26644<br>- 85     | Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.                                     |  |
| ГОСТ 27945<br>- 95     | Установки асфальтосмесительные. Общие технические условия.  |  |
| ГОСТ 30491<br>- 97     | Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. ТУ. |  |
| ГОСТ 31015<br>-2002    | Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия.                                      | Поправка<br>БСТ 4-2004, ИУС 8-<br>2004 |
| ГОСТ Р<br>52056 - 2003 | Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия.       |  |
| ГОСТ Р<br>52128 - 2003 | Эмульсии битумные дорожные. Технические условия.  |  |
| ГОСТ Р<br>52129 - 2003 | Порошок минеральный для асфальтобетонов и органоминеральных смесей. ТУ.   |  |
| ВСН 31 - 76            | Инструкция на устройство дорожных покрытий из литого асфальта.  |  |

|              |  |  |
|--------------|--|--|
| ВСН 31 –77   | Технические указания по производству и применению керамдора.   |  |
| ВСН 123 - 77 | Инструкция по устройству покрытий и оснований из щебеночных, гравийных и песчаных материалов, обработанных органическими вяжущими. |  |

### *Библиографический список*

1. Баженов, Ю. М А.Г. Комар и др. Технология производства строительных материалов /Ю. М. Баженов, М. А. Комар, - М., 1990 г.
2. Справочник «Материалы и изделия для строительства автомобильных дорог» под ред. А. В. Горелышева, М. «Транспорт», 1986 г.
3. Королев И.В. и др. «Дорожно-строительные материалы», М. «Транспорт», 1988 г.
4. «История строительного материаловедения и развитие строительных материалов и изделий», под ред. И.А. Рыбьева, М., «Мин. образования», 2001 г., 178 с.
5. Грушко И. М. и др. «Испытания дорожно-строительных материалов»: Лабораторный практикум, М., 1985 г.
6. Справочная энциклопедия в томах, т. 3 «Дорожно-строительные материалы» п. ред. Н.В. Быстрова, ISBN 5 – 900121 – 28 – 3, М., «Информавтодор», 2005 г., 465 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Раздел 1. Органические вяжущие материалы .....</b>                            | <b>3</b>  |
| Лекция 1. Классификация и область применения органических материалов.....        | 3         |
| Лекция 2. Битумы нефтяные вязкие и жидкие.....                                   | 5         |
| Лекция 3. Производство нефтяных битумов .....                                    | 10        |
| Лекция 4. Природные битумы и битумосодержащие породы.....                        | 14        |
| Лекция 5. Сланцевые битумы. Дегти .....  | 16        |
| <b>Раздел 2. Материалы из расплавов неорганических сырьевых масс .....</b>       | <b>25</b> |
| Лекция 6. Шлаки .....  | 25        |
| Лекция 7. Материалы и изделия из расплавов .....                                 | 34        |
| <b>Раздел 3. Керамические материалы и изделия .....</b>                          | <b>36</b> |
| Лекция 8. Керамические материалы, производство, свойства, требования к ним ..... | 36        |
| <b>Раздел 4. Пластмассы и полимерные материалы .....</b>                         | <b>46</b> |
| Лекция 9. Материалы и изделия из пластмасс .....                                 | 46        |
| Приложение 1: Перечень действующей нормативной литературы .                      | 52        |
| Библиографический список .....   | 55        |