

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

Г.В. ПРОВАТОРОВА

ДОРОЖНО – СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Курс лекций по дисциплинам
«Материаловедение»
«Технология конструкционных материалов»
«Дорожно-строительные материалы»
III 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» 3 часть / Г.В. Проваторова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во гос. ун-та, 2015. – 92 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.

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

Табл. 19. Ил. 5. Библиогр.: 7 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 висосмолистые 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 м³ 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, гел-

сониты 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 $1,1 - 1,2 \text{ г/см}^3$, температура размягчения $145 - 215^\circ \text{C}$.

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 качества 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°C составляет 10 – 15, температура размягчения по КиШ $70 - 75^\circ \text{C}$, плотность $1,03 - 1,10 \text{ г/см}^3$. 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 малът – 0,96 – 1,03 г/см³. Они содержат около 55% масел, 30% смол, 15% асфальтенов. Компоненты малът состоят из 76% углерода, 10% водорода, 10% кислорода, содержат по 1% серы, азота около 1% других элементов.

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

Извлечение асфальтов и малът 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 полукоксованного сланца и образуется газ, зола и шлак. Сланцевую золу и шлак удаляют че-

рез разгрузочное устройство. Получающаяся в газогенераторе смола составляет около 20% от массы исходного сырья. Смолу подвергают дальнейшей 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°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 $1,2 - 1,25 \text{ г/см}^3$.

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 перерабаты-

вают с помощью полукоксования и коксования в коксовых печах без доступа воздуха.

Процесс полукоксования идет при $500 - 600^{\circ}\text{C}$, а коксование – $1000 - 1300^{\circ}\text{C}$. В результате переработки получается полукокк 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°C получают легкие фракции, из которых затем выделяют *бензол, толуол, ксилол*.

2. В интервале температур $170 - 270^{\circ}\text{C}$ отгоняют фенольную фракцию, содержащую *фенол, креозол, нафталин и легкое нейтральное масло*.

3. При температуре $270 - 300^{\circ}\text{C}$ получают поглотительную фракцию, состоящую в основном из *креозотового и тяжелых масел*.

4. В интервале температур $300 - 360^{\circ}\text{C}$ 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 $65 - 75^{\circ}\text{C}$, а марки Б – от 76 до 83°C .

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 2 «Асфальтобетон»

Лекция 6 «Определение и классификация асфальтобетонов и асфальтобетонных смесей»

Асфальтобетоном называют искусственный камневидный материал, который получают после уплотнения асфальтобетонной смеси, приготовленной в смесителях в нагретом состоянии из щебня или гравия, песка, минерального порошка и битума в рационально подобранных соотношениях.

Существует большое количество смесей, которые различаются по крупности и содержанию щебня, природного или дробленого песка, минерального порошка, вязкости битума. В результате получают материал с различной структурой, которая и обеспечивает сопротивление асфальтобетона в покрытии эксплуатационным воздействиям.

Разновидностями асфальтобетонных смесей могут быть асфальтовая мастика и щебеночная смесь, обработанная битумом («черный щебень»).

Асфальтовая мастика – это смесь высоковязкого битума и минерального порошка, в которой «плавают» зерна песка (песчаная смесь). К ней по составу и структуре близок *литой асфальтобетон*.

«Черный щебень» содержит большое количество зерен размером от 5 до 20 (40) мм, малое количество песка и совсем незначительное – минерального порошка. Такие смеси готовят на маловязких битумах [2].

Соотношение составляющих материалов определяют расчетом с целью получения плотного, прочного, водо- и морозостойкого асфальтобетона, способного работать в дорожном покрытии 15 – 20 лет до капитального ремонта.

Полнота смешения составляющих материалов зависит в основном от вязкости битума. Смеси с вязким битумом перемешивают при температуре до 160° С, жидким битумом – не ниже 90 - 100° С.

Классификация

Согласно ГОСТ 9128 – 2009 асфальтобетоны и асфальтобетонные смеси классифицируются по следующим признакам.

1. По температуре укладки асфальтобетонной смеси в конструктивный слой могут быть:

- ***горячие*** – укладывают и начинают уплотнять при температуре не ниже 120°С, т.к. они приготовлены на вязких битумах марок БНД40/60, БНД60/90, БНД90/130 или БН60/90, БН90/130 и при меньшей температуре не уплотняются;

- ***холодные*** – укладывают при температуре воздуха не ниже +5° С, их можно продолжительное время хранить в штабелях и смеси при этом не слеживаются (не слипаются), т.к. содержат жидкий битум МГ70/130, МГО70/130, СГ70/130.

2. По плотности асфальтобетона, характеризуемой *величиной остаточной пористости*, могут быть:

- высокоплотные от 1% до 2,5%;

- плотные свыше 2,5% до 5%;
- пористые свыше 5% до 10%;
- высокопористые свыше 10%.

3. По виду минеральных материалов различают:

- щебеночные, состоящие из щебня, песка, минерального порошка и битума;
- гравийные, состоящие из гравия, песка, минерального порошка и битума;
- песчаные, состоящие из песка, минерального порошка и битума.

4. По крупности скелетных фракций, определяемой по наибольшему размеру зерен минеральных материалов асфальтобетон из *горячих* смесей подразделяют на:

- крупнозернистые с размером зерен до 40 мм;
- мелкозернистые с размером зерен до 20 мм;
- песчаные с размером зерен до 5 мм;

асфальтобетон из холодных смесей может быть:

- мелкозернистые с размером зерен до 20 мм;
- песчаные с размером зерен до 5 мм.

5. По содержанию щебня или песка разных видов могут быть.

По массовой доле щебня (гравия) в процентах, асфальтобетонные смеси подразделяются на типы:

- *горячие, для плотного асфальтобетона*

тип А – содержание щебня 50 – 60%;

тип Б – содержание щебня 40 – 50%;

тип В – содержание щебня 30 – 40%;

- *холодные*

тип Б_х – содержание щебня 40 – 50%;

тип В_х – содержание щебня 30 – 40%.

По виду песка песчаные асфальтобетоны подразделяют на типы:

- *горячие, для плотного асфальтобетона*

тип Г – с дробленным песком или смесью дробленного с природным, с долей природного песка по массе более 30%;

тип Д – с природным песком или смесь природного песка с дробленным с массовой долей природного песка по массе более 30%;

- *холодные*

тип Г_х – с дробленным песком;

тип Д_х – с природным песком или смесь природного песка с дробленым.

б. По маркам (сортам)

В зависимости от прочности щебня и качества минерального порошка асфальтобетон разделяют на марки:

- *горячие плотные*

тип А- I, А-II;

типы Б, В, Г могут быть I, II, III марок;

тип Д- II, Д-III;

- *горячие пористые и высокопористые* I и II;

- *холодные*

типы Б_х, В_х, Г_х могут быть I, II, тип Д_х – II.

Примечание: наиболее прочный щебень и высококачественный минеральный порошок используют в асфальтобетонах I марки, менее прочный щебень и порошкообразные отходы промышленности во II и III марках.

Область применения

Вид асфальтобетонной смеси принимают в зависимости от характера движения автомобилей, конструкции дорожной одежды, наличия строительных материалов, климатических условий района строительства и условий производства работ.

Асфальтобетон из горячих смесей наиболее широко применяют в дорожном строительстве.

Покрытия из асфальтобетона устойчивы к воздействию автомобилей и атмосферных факторов. Все это обуславливается вязкостью битума. Асфальтобетон из горячих смесей применяют для строительства верхних и нижних слоев покрытия практически во всех климатических зонах страны.

Асфальтобетон из холодных смесей менее устойчив к действию автомобилей и атмосферных факторов, чем асфальтобетон из горячих смесей. Отличительная особенность холодных смесей – способность длительное время оставаться рыхлыми, что позволяет заготавливать их впрок (до 8 месяцев). Этот материал применяют для покрытий на дорогах с малой интенсивностью движения и особенно широко для ремонта асфальтобетонных покрытий.

Крупнозернистые асфальтобетонные смеси применяют только для устройства нижних слоев покрытия, шероховатая и пористая поверхность которых обеспечивает хорошее сцепление с верхними слоями.

Мелкозернистые много щебенистые асфальтобетонные смеси (тип А) применяют для устройства верхних слоев покрытия на участках с большими продольными уклонами при тяжелом и интенсивном движении. Покрытия из этих смесей обладают повышенной шероховатостью, что обеспечивает хорошее сцепление с шинами автомобилей.

Средне щебенистые асфальтобетонные смеси (тип Б) применяют при устройстве верхних слоев покрытий при интенсивном движении. Асфальтобетон этого типа обладает достаточно высокой сопротивляемостью механическим и атмосферным факторам.

Мало щебенистые асфальтобетонные смеси (тип В) применяют для устройства верхних слоев двухслойных покрытий при средней интенсивности движения с дополнительным втапливанием щебня, для создания шероховатой поверхности.

Песчаные асфальтобетонные смеси, приготовленные на дробленом песке, применяют для устройства верхнего слоя покрытия, на дорогах со средней интенсивностью движения и на участках, где требуется создание водонепроницаемого слоя.

Песчаные асфальтобетонные смеси на природном песке обладают меньшей сопротивляемостью транспортным нагрузкам, поэтому их применяют на дорогах с легким движением, для тротуаров, полов в промышленных зданиях [3,6].

Лекция 7 «Структура асфальтобетона»

Структура асфальтобетона определяется количеством и качеством составляющих, их сочетанием и размещением. Структура асфальтобетона определяет главные физико-химические и физико-механические свойства асфальтобетона: плотность и прочность, водостойкость и деформативность, старение и долговечность. Структура асфальтобетона может быть каркасная, бескаркасная и промежуточных форм (очаговая).

Каркасной называется структура, в которой коэффициент заполнения межзерновых пустот скелета из щебня и песка асфальтовым вяжущим, равен или меньше единицы, т.е. асфальтовое вяжущее не раздвигает зерен песка и щебня и они контактируют между собой непосредственно или через твердрподобные прослойки структурированного битума.

Каркас может быть образован только щебнем. В этом случае зерна не раздвинуты растворной частью смеси, т.е. смесью песка, минерального

порошка и битума. Наличие жесткого пространственного каркаса повышает сдвигустойчивость дорожных покрытий.

В бескаркасном асфальтобетоне зерна песка и щебня раздвинуты избыточным содержанием асфальтового вяжущего (коэффициент раздвижки больше единицы), прочность и вязкость которого уменьшается при нагревании, вследствие чего на дорожных покрытиях образуются пластические деформации [2].

Текстура асфальтобетона определяется размером и характером размещения структурных элементов в поверхностном слое материала. Текстура определяет эксплуатационные свойства асфальтобетонного покрытия: износостойкость, шероховатость, шумность, светоотражательную способность материала.

Текстура может быть гладкая, микро-, средне- и грубошероховатая.

Напряжения, возникающие в асфальтобетонном покрытии, полностью зависят от транспортных нагрузок и не зависят от вида его структуры. Различия заключаются в том, какие напряжения по виду и величине возникают в покрытии и на материалах, составляющих асфальтобетон.

В покрытии из черного щебня напряжения от колеса передается от зерна к зерну по площади контакта. Проявляются давления от транспортных средств, трение и зацепление между зернами. Прочность и устойчивость покрытия в этом случае зависят, прежде всего, от механических свойств щебня (прочность при сжатии, износе и расколе).

Битумная пленка на минеральных зернах обеспечивает объединение отдельных зерен в монолит. В этом материале механические свойства битумной пленки играют подчиненную роль. Черный щебень обычно используют в основании, реже в покрытии.

В покрытиях их асфальтовой мастики напряжение колеса полностью передается на асфальтовое вяжущее. Во избежание деформаций применяют высоковязкий битум и большое количество минерального порошка. Минеральный порошок структурирует битум, тем самым повышая его температуростойкость. Температура размягчения асфальтового вяжущего в асфальтовой мастике достигает 75 - 80° С.

Все асфальтобетонные смеси по условиям восприятия нагрузки находятся между этими крайними представителями данного материала.

В одном случае преобладает механизм распределения напряжений на асфальтовый раствор, при котором прочность щебня не является самым главным. В другом случае при большом содержании щебня напряжения

воспринимаются скелетом из минеральных зерен, поэтому щебню предъявляют повышенные требования.

В много щебенистых асфальтобетонах (зерна крупнее 5 мм более 50% по массе) имеется скелет из зерен щебня. Зерна контактируют друг с другом через тонкие прослойки битума. Межзерновые пустоты заполнены асфальтовым раствором. Остаточная пористость не превышает 5%.

Мало щебенистый асфальтобетон (зерен крупнее 5 мм 30 - 40% по массе) имеет структуру асфальтового раствора с плавающими зернами щебня. Зерна щебня разделены толстыми прослойками раствора и являются своего рода инертным заполнителем: размер, свойства поверхности, форма зерен щебня не оказывают в этом случае существенного влияния на свойства асфальтобетона.

Средне щебенистый асфальтобетон (зерен крупнее 5 мм 45 – 50% по массе) занимает промежуточное положение между много щебенистыми и мало щебенистыми асфальтобетонами и имеет очаговую структуру, т.е. сплошной каркас отсутствует, свойства асфальтобетона определяются как свойствами растворной части, так и свойствами щебня.

Таким образом, общее сравнение типовых асфальтобетонных смесей и объяснение их механизма сопротивления и распределения напряжений от колес транспортных средств позволяют анализировать поведение асфальтобетона в покрытии при эксплуатации и правильно рекомендовать ту или иную смесь для данных конкретных условий.

Лекция 8 «Свойства асфальтобетона»

Свойства асфальтобетона должны соответствовать условиям движения транспортных средств и климата.

Несоответствие свойств асфальтобетона воздействующим на покрытие факторам приводит к возникновению и развитию деформаций и разрушений.

1. ***Пластические деформации*** – сдвиги, волны, наплывы, колеиность, «гребенка» - развиваются в местах торможения и разгона автомобилей, на крутых продольных уклонах, особенно на склонах южной ориентации.

2. ***Хрупкие разрушения:***

а) трещины образуются в покрытии при резком охлаждении, под воздействием транспортных нагрузок, от деформации основания и земляного полотна;

б) коррозия, выкрашивание отдельных зерен щебня с поверхности покрытия, постепенно развивающиеся до состояния выбоины на всю толщину покрытия, появляются под влиянием совместного воздействия воды (особенно попеременного замораживания - оттаивания) и транспортных нагрузок. Чем больше переходов температуры через ноль, тем больше выбоин образуется весной в покрытии.

Механические свойства

Под механической нагрузкой асфальтобетон проявляет комплекс сложных свойств: упругость, пластичность, изменение прочности в зависимости от скорости деформирования, накопление деформаций при многократных приложениях нагрузки и т.д.

Прочность – свойство асфальтобетона сопротивляться разрушению под действием механических напряжений. Для асфальтобетона как термопластичного материала различают два вида потери прочности:

- в упругой стадии, приводящую к разрушению покрытий;
- в пластической стадии, приводящую к возникновению деформаций, нарушающих нормальную эксплуатацию конструкции.

Примечание: особенностью разрушения асфальтобетона является резко выраженная зависимость прочности от времени действия нагрузки и температуры.

Разрушение асфальтобетона под действием приложенного напряжения представляет собой развивающийся процесс. Чем больше величина действующих напряжений, тем быстрее разрушается асфальтобетон.

Если напряжения, возникающие от транспортных средств, значительно меньше, чем предел прочности асфальтобетона, то оно не оказывает существенного влияния на долговечность. Доуплотнение покрытия при движении транспортных средств улучшает его свойства, мелкие трещины закрываются.

Собственная масса покрытия также является фактором, который при высокой температуре приводит к ползучести асфальтобетона.

Прочность асфальтобетона оценивается по испытанию цилиндрических образцов при 50, 20 и 0° С и скорости деформирования 3 мм/мин.

Наиболее важен показатель прочности при температуре равной 50° С, по которому судят о поведении асфальтобетона под нагрузкой в летнее время. При 50° С нормативными документами ограничивается нижний предел прочности при сжатии (1,0 – 1,2 МПа). Данный показатель характеризует сдвигоустойчивость асфальтобетона при высокой температуре и сопротивляемость материала образованию пластических деформаций в покрытии.

Для характеристики пластичности асфальтобетона при положительных температурах, когда возможно возникновение деформаций покрытия служит *показатель пластичности*:

$$K = \{\lg R_1/R_2\} : \{\lg V_1/V_2\},$$

где R_1 и R_2 – предел прочности при сжатии, МПа;

V_1 и V_2 – скорости деформирования (обычно 3 и 30 мм/мин);

- асфальтобетон считают непластичным, если при 50° С $K \leq 0,10$;

- нормальной пластичности при $K = 0,15 - 0,24$;

- пластичным при $K > 0,25$.

Основным критерием прочности при отрицательных температурах, являются его деформативные свойства, характеризующие устойчивость против образования трещин, определяемые пределом прочности при сжатии при 0° С. Нормативными документами ограничивается верхний предел прочности при 0° С (не более 12 МПа). Для предотвращения трещинообразования необходимо, чтобы асфальтобетон обладал способностью растягиваться под действием растягивающих напряжений без нарушения сплошности. Для оценки используют предельную относительную деформация в момент разрушения. Если деформирование чисто упругое, то критическая относительная деформация не превышает 0,001. По мере повышения температуры критическое относительное удлинение увеличивается.

Деформативность асфальтобетона оценивают по относительной деформации асфальтобетонных образцов при испытаниях на изгиб или растяжение. Покрытие будет устойчивым против образования трещин, если асфальтобетон обладает относительным удлинением (при скорости деформации около 5 – 10 мм/мин):

- при 0° С не менее 0,004 – 0,008;

- при - 20° С не менее 0,001 - 0,002.

Статический модуль упругости определяют при приложении единичной нагрузки в середине пролета образца – балочки

$$E = Pl^3/48fl,$$

где P – вертикальная нагрузка; l – расчетный пролет; f – упругий прогиб балочки (0,14 м); I – момент инерции сечения образца $I = bh^3/12$.

Величину P обычно принимают 0,2 – 0,3 от разрушающей нагрузки.

Кратковременный (динамический) модуль упругости определяется по той же формуле, но при продолжительности действия нагрузки 0,1 с. Значение кратковременного модуля упругости соответствует режиму воздействия подвижных нагрузок на асфальтобетонное покрытие.

Физические свойства

На водостойкость асфальтобетонного покрытия большое влияние оказывает пористость, обычно она составляет 3 – 7%. Поры в асфальтобетоне могут быть: открытые и замкнутые.

Как правило, с уменьшением размера зерен увеличивается количество замкнутых водонепроницаемых пор. Проникание воздуха в поры асфальтобетона ускоряет старение битума (окисление кислородом воздуха). Повышается вязкость битума, снижается деформативность. Это приводит к трещинообразованию.

Водостойкость определяют величиной водонасыщения, набухания и коэффициентом водостойкости. ГОСТ 9128 – 2009 обязательными к определению считает водонасыщение и коэффициент водостойкости.

Требования к свойствам асфальтобетона

Технические требования на асфальтобетонные смеси и физико-механические свойства асфальтобетона установлены ГОСТ 9128 – 2009 с таким расчетом, чтобы они обеспечивали асфальтобетону: сопротивление сдвигу (сдвигоустойчивость), способность к релаксации и деформативность при отрицательных температурах (трещиностойкость асфальтобетонного покрытия), водостойкость, морозостойкость, шероховатость поверхности покрытия.

Лишь одно из перечисленных свойств – водостойкость можно определить непосредственно через коэффициент водостойкости. Остальные свойства характеризуются косвенно через показатели свойств и структуры, нормированные стандартом.

Горячие смеси типа А в зависимости от качественных показателей подразделяются на 1 и 2 марки, типов Б, В, Г на 1, 2, 3 марки, типа Д – могут быть только 2 и 3 марок.

Холодные смеси типов Б_х и В_х подразделяются на две марки, типа Г_х – только 1-й марки, типа Д_х – только 2-й марки.

Горячие смеси для пористых и высокопористых асфальтобетонов подразделяются на две марки.

Структуру асфальтобетона характеризуют показателями пористости минерального остова, остаточной пористости и водонасыщения. Физические свойства асфальтобетона характеризует набухание. Механические свойства асфальтобетона – предел прочности при сжатии и коэффициент водостойкости. Основными показателями физико-механических свойств асфальтобетона являются его плотности и прочность.

Остаточная (суммарная) пористость характеризует конечную плотность асфальтобетона и является главным признаком правильно назначенного и выполненного гранулометрического состава минеральной части, оптимального содержания битума и правильно проведенного уплотнения.

Оптимальным содержанием битума следует считать такое его количество, объем которого в горячем состоянии равен объему межзерновых пор минерального остова.

Однако при контроле качества на АБЗ водонасыщение является более объективным показателем постоянства состава смеси. Водонасыщение, превышающее величину, полученную при подборе состава асфальтобетона, указывает на недостаток битума, меньшее водонасыщение свидетельствует о чрезмерной жирности смеси. Водонасыщение пористых асфальтобетонов не должно быть более 12% по объему, высокопористых – 18%.

Прочность при сжатии является показателем работоспособности асфальтобетона. Прочности при 50° С косвенно характеризует сдвигоустойчивость материала в слое покрытия, а при 0° С - трещиностойкость.

Даже небольшое отклонение в соотношении составляющих материалов, особенно изменение в содержании битума и минерального порошка, значительно изменяют прочность асфальтобетона, поэтому испытание на сжатие наряду с водонасыщением является хорошим способом технического контроля производства смесей.

Пористость минерального остова в асфальтобетоне дает возможность судить о правильности принятого гранулометрического состава минеральной смеси. Пористость минерального остова плотных асфальтобетонов из смесей типов А и Б должна быть 15 – 19% по объему, типов В, Г, Д – 18 – 22% по объему; для пористых асфальтобетонов не должно быть более 23% по объему, щебеночных (гравийных) высокопористых более 24%, песчаных высокопористых – более 28% по объему.

Отклонения от нормированной величины пористости минерального остова в меньшую сторону означают, что для связи зерен потребовалось уменьшенное количество битума, вследствие чего вероятны повышенная хрупкость асфальтобетона при низких температурах и пониженная водоустойчивость.

Отклонения в большую сторону свидетельствуют об избытке битума и что возможности минерального остова в отношении сдвигоустойчивости использованы недостаточно.

Набухание асфальтобетонных образцов или кернов из покрытия сверх допускаемой величины указывает на то, что асфальтовое вяжущее вещество впитывает воду сверх нормы по причине повышенной гигроскопичности минерального порошка или битума, или того и другого вместе. С повышенным набуханием обратной зависимостью связаны водо- и морозостойкость асфальтобетона.

Набухание пористых и высокопористых асфальтобетонных смесей марки 1 не должно быть более 1% по объему, из смесей 2 марки – более 2% по объему. Хотя нормативные документы не требуют обязательного проведения испытаний на набухание, данный показатель является актуальным при проведении лабораторных испытаний асфальтобетона на АБЗ, так как позволяет выявить причину неудовлетворительного качества смеси и откорректировать ее состав.

Коэффициент водостойкости характеризует способность асфальтобетона противостоять разрушающему воздействию асфальтобетона, т.е. выкрашиванию и образованию выбоин в покрытии.

Сцепление битума с минеральной частью асфальтобетона (адгезия) обеспечивает водо- и морозостойкость.

Лекция 9 «Требования к исходным материалам для асфальтобетона»

Требования к минеральному порошку

Минеральный порошок является одним из важнейших компонентов асфальтобетона, выполняющим две функции:

1. Заполняет пустоты песчано-щебеночного каркаса и повышает плотность минерального остова;

2. Превращает нефтяной битум при смешении с ним в прочное асфальтовое вяжущее вещество, т. е. является структурообразующей добавкой, тем клеем, который объединяет зерна песка и щебня в плотный и прочный монолит.

Суммарная поверхность зерен минерального порошка в смеси минеральных материалов составляет 85 – 90% всей поверхности. Битум в асфальтобетоне взаимодействует, главным образом, с поверхностью минерального порошка, обволакивая его зерна тонкими слоями, в которых контактный слой ориентированного битума обладает повышенной вязкостью, прочностью и теплоустойчивостью по сравнению со свободным битумом, заполняющим 65 – 70% межзерновых пустот в асфальтобетоне.

Для успешного выполнения этих функций минеральный порошок должен обладать комплексом свойств:

1. При смешении с битумом в асфальтобетонной смеси минеральный порошок не должен комковаться и образовывать агрегаты. Сцепление битума с поверхностью зерен минерального порошка должно быть настолько прочным, чтобы вода не отслаивала битум в течение всего срока службы асфальтобетонного покрытия.

2. Физико–химическое взаимодействие между поверхностью зерен минерального порошка и битумом должно быть достаточно сильным для ориентации молекул в тонком слое битума, однако при этом минеральный порошок не должен ускорять процесс старения битума.

3. Наряду с повышением прочности минерального порошка увеличивается хрупкость битума, поэтому содержание минерального порошка в смеси должно быть предельно минимальным, достаточным лишь для придания асфальтобетону нормативной плотности и прочности.

Для асфальтобетонной смеси минеральный порошок получают размолом известняков, доломитов (прочностью не менее 20 МПа), битуминозных известняков и других карбонатных пород.

Материалы для изготовления минеральных порошков должны быть чистыми, не содержать загрязняющих и глинистых примесей более 5%.

В смесях для 1 и 2 марок, смесях для нижнего слоя покрытия и слоев основания можно применять порошки из кислых горных пород и пылевидные отходы промышленности (золу каменного угля, сланцевые золы, цементную пыль и др.), при соответствии их требованиям ГОСТ, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Требования к материалам для минерального порошка

Показатели	Норма по видам материала		
	металлургические шлаки	золы-уноса	цемент. пыль
Зерновой состав, % по массе не менее:	100	100	10
мельче 1,25 мм	90	55	0
мельче 0,315 мм	70	35	90
мельче 0,071 мм			70
Пористость, % по объему, не более	40	45	45
Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, % по объему, не более	2,5	не нормируется	2,5
Коэффициент водостойкости образцов из смеси минерального порошка и битума, не менее	0,7	0,6	0,8
Показатель битумоемкости, г, не более	100	100	100
Содержание водорастворимых соединений, % по массе, не более	не нормируется	1	6
Влажность, % по массе, не более	1	2	2

Коэффициент гидрофильности частиц мельче 1,25 мм должен быть не более 1,0. Массовая доля водорастворимых соединений и цементной пыли допускается не более 0,8%, а в промышленных шламах – не более 0,5%.

Активированный минеральный порошок

Минеральный порошок повышенного качества получают путем активации поверхности зерен при дроблении. Активация заключается в том, что свежесформованные поверхности известняка обрабатывают небольшим количеством активирующей смеси, состоящей из битума и поверхностно-активного вещества. Соотношение масс битума и ПАВ принимают в пределах 1:1 – 1,1. Общее количество активирующей смеси составляет от 1,5 до 2,5 % к массе минерального порошка.

Сцепление активирующей смеси со свежеобразованной поверхностью зерен порошка настолько прочно, что водостойкость резко возрастает, увеличивается плотность и прочность асфальтобетона.

Активированный минеральный порошок гидрофобен, не намокает, поэтому транспортирование и хранение облегчается.

Требования к крупному заполнителю (щебень, гравий)

Для изготовления щебня используют прочные, морозостойкие магматические, метаморфические и осадочные горные породы, а также морозостойкие медленно охлажденные металлургические шлаки и щебень из гравия.

Требования, предъявляемые к щебню, зависят от вида асфальтобетонной смеси, их назначения и принятого гранулометрического состава.

Мрака щебня по прочности колеблется от 600 до 1200 (в зависимости от гранулометрии и марки асфальтобетона). Более высокие требования предъявляются к щебню, используемому в много щебенистых асфальтобетонах.

Показатель прочности при износе в полочном барабане для щебня:

- из горных пород установлен не более 25 – 35%;
- из шлаков не более 35%;

Щебень для асфальтобетонных смесей должен быть чистым, не допускается *содержание глинистых и пылеватых частиц* свыше 2%.

Форма зерен щебня должна быть приближена к кубовидной и тетраэдрной, а поверхность к шероховатой.

Содержание лещадных и игловатых зерен ограничивается:

- для высокоплотных асфальтобетонов типа А – 20%;
- для плотных типа Б и Б_х – 25%;
- для плотных типа В и В_х - 35%.

Щебень для асфальтобетонных смесей должен быть *морозостойким*, выдерживать без разрушения не менее 50 циклов попеременного замораживания – оттаивания в верхнем слое покрытия, а для нижних слоев покрытия и слоев основания – не менее 25 циклов.

Щебень складировать и применять по *фракциям*: 5–10; 10–20; 20–40 мм.

Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют щебень из дробленого гравия с количеством дробленых зерен не менее 80%. К нему предъявляют те же требования, что и для щебней.

Требования к мелкому заполнителю

Песок применяют природный, дробленый, дробленый из отсевов и отсева продуктов дробления горных пород и гравия:

- из изверженных горных пород и гравия – в горячих плотных асфальтобетонах марок 2 и 3, пористых и высокопористых асфальтобетонах марок 2 и 3 и холодных асфальтобетонах марки 2;

- из осадочных карбонатных горных пород – в горячих плотных асфальтобетонах марок 2 и 3, пористых и высокопористых асфальтобетонах марок 2 и 3 и холодных асфальтобетонах марки 1 и 2.

В отсевах продуктов дробления горных пород массовая доля зерен мельче 0,14 мм допускается не более 20%, в том числе мельче 0,071 мм - не более 14%.

Песок должен быть чистым и содержать пылевато-глинистых частиц не более 3% по массе, илистых - не более 1% по массе.

Дробленый песок получают дроблением скальных горных пород или металлургических шлаков.

В зависимости от прочности исходной горной породы дробленый песок делят на две марки – 800 и 400. Для первого применяют горные породы с прочностью при сжатии не ниже 80 МПа, для второго – не ниже 40 МПа.

Гранулометрический состав песков должен обеспечивать получение смеси с другими минеральными материалами с максимальной плотностью. Из этих соображений для приготовления асфальтобетонных смесей применяют крупнозернистые пески, таблица 2.

Таблица 2

Классификация песков по крупности

Песок	Полный остаток на сите 0,63 мм, % по массе	Модуль крупности M_k
Крупный	более 50	более 2,5
Средний	30 - 50	2,5 – 2,0
Мелкий	10 - 30	2,0 – 1,5
Очень мелкий	менее 10	1,5 – 1,0

Требования к битуму

Марку вязкого битума, а также класс и марку жидкого битума выбирают в зависимости от вида асфальтобетона, климатических условий района строительства и категории автомобильной дороги, а для холодного асфальтобетона – с учетом условий и сроков хранения смеси на складе.

Для приготовления горячих смесей применяют вязкие нефтяные битумы марок БНД 40/60, БНД 60/90, БНД 90/130.

Для приготовления холодных смесей следует применять жидкие нефтяные битумы марок СГ 70/130, МГ 70/130, МГО 70/130.

Требования к ПАВ

В технологии производства асфальтобетонов находят применение ПАВ, которые улучшают сцепление битума с минеральными материалами, увеличивают степень обволакивания битумом минеральных частиц, сокращает время перемешивания, улучшает удобоукладываемость и уплотняемость смеси.

Применяемые в асфальтобетоне ПАВ разделяют на: ионогенные и неионогенные. Ионогенные в свою очередь подразделяются на два типа:

- катионактивные (БП – 3, битумная присадка и др.);
- анионактивные (кубовые остатки синтетических жирных кислот, второй жировой гудрон, госсиполовая, каменноугольная смолы и др.).

Рекомендуемый предел концентрации ПАВ при введении в битум:

- для катионактивных – 0,5 – 1,5% от массы битума;
- для анионактивных 3 – 5%;
- для неионогенных 1 – 2%.

Лекция 10 «Проектирование состава асфальтобетона»

Общие положения

Проектирование асфальтобетона – комплексный процесс, целью которого является подбор состава, позволяющий обоснованно назначить вид (горячий или холодный, щебеночный или песчаный) и тип (А, Б, В, Г, Д) асфальтобетона с учетом условий его работы в дорожной конструкции (климатический район, характер движения), выбрать минеральные материалы и битум, установить их рациональное соотношение, обеспечить со-

ответствие требованиям ГОСТ 9128 – 2009 по физико-механическим свойствам.

Проектирование асфальтобетона включает:

- анализ условий работы проектируемого асфальтобетона в конструкции;
- выбор способа производства работ в зависимости от климатических условий района строительства;
- выбор исходных материалов с учетом их стоимости и дефицитности;
- расчет состава асфальтобетона, который включает расчет состава минеральной части, расчет оптимального количества битума, приготовление и испытание контрольной смеси;
- составление технической документации на запроектированный асфальтобетон и выдача на производство.

При подборе состава асфальтобетона следует руководствоваться следующими соображениями:

1) Эксплуатационные качества асфальтобетонных покрытий (ровность, шероховатость, срок службы) в значительной мере зависят от гранулометрического состава смесей, который обеспечивает необходимую плотность, сдвигоустойчивость и шероховатость.

2) При наличии песка с модулем крупности более 2 и подборе минеральной части холодного асфальтобетона следует использовать принцип непрерывности гранулометрии. При мелком песке следует пользоваться принципом прерывистости гранулометрии.

3) Смесь щебня (гравия), песка и минерального порошка должна иметь такой гранулометрический состав, кривая которого располагается в зоне, ограниченной пределами выбранного типа смеси, по возможности проходить плавно, без резких переломов.

4) Максимальную сдвигоустойчивость и шероховатость асфальтобетона в покрытии обеспечивают смеси типов А и Г, поэтому их следует назначать для дорог 1 и 2 категорий.

5) Адгезию в асфальтобетоне (прочность сцепления с поверхностью зерен минерального материала) можно повысить введением ПАВ и применением активированного минерального порошка.

6) Лучшим сцеплением с битумом обладают: базальт, диабаз, габбро и другие основные изверженные породы, из осадочных горных пород – известняки и доломиты.

7) На свойства асфальтобетона значительное влияние оказывает качество песка. Зерна мельче 0,071 мм, содержащиеся в дробленном песке, следует считать минеральным порошком.

8) Минеральный порошок в смеси с битумом образует асфальтовое вяжущее вещество, склеивающее в прочный монолит зерна песка и щебня. От количества и качества минерального порошка зависят плотность, прочность и теплостойкость асфальтобетона. Избыток минерального порошка уменьшает трещиностойкость покрытий, при избытке битума снижается сдвигоустойчивость.

Состав асфальтобетона подбирают в три этапа:

- проверяют качество составляющих материалов и соответствие их свойств установленным требованиям;
- назначают вид и тип асфальтобетона, сообразуясь с заданными условиями движения и климата, рассчитывают зерновой состав;
- готовят смеси и формируют образцы с различным количеством битума при одинаковом гранулометрическом составе минеральной части. Испытания образцов показывают, какое количество битума является оптимальным.

Далее рассмотрим метод подбора состава асфальтобетона, по которому минеральная часть рассчитывается по кривым зернового состава, рекомендованного стандартом, а количество битума рассчитывают исходя из остаточной пористости, установленной для данного вида и типа асфальтобетона, и уточняют, чтобы получить наилучшие показатели физико-механических свойств.

Расчет состава минеральной части асфальтобетона

Осуществляется по кривым плотных смесей, в результате которого получают минеральный состав с минимальным количеством пустот.

Как показали исследования профессора Охотина В.В. и Иванова Н.Н., между плотностью и гранулометрическим составом смеси имеется определенная зависимость.

Оптимальными будут составы минеральных смесей, содержащие зерна различного размера, диаметры которых уменьшаются в два раза:

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{d_2}{d_3} = \frac{d_3}{d_4} = \frac{d_{m-1}}{d_m} = 2;$$

где d_1 – наибольший диаметр зерна минеральной смеси, устанавливаемый в зависимости от типа асфальтобетона;

d_m – наименьший диаметр зерна, соответствующий пылевой фракции минерального порошка (обычно 0,004 – 0,005 мм)

Размеры зерен согласно предыдущему уравнению определяются как:

$$d_2 = d_1/2; \quad d_3 = d_1/2^2; \quad d_m = d_1/2^{m-1}, \text{ откуда}$$

$$m = \frac{\lg d_1 - \lg d_m}{\lg 2} + 1;$$

Число фракций n на единицу меньше размеров m :

$$m = \frac{\lg d_1 - \lg d_m}{\lg 2}$$

Соотношение соседних фракций по массе равно:

$$y_2/y_1 = y_3/y_2 = y_4/y_3 = \dots = y_n/y_{n-1} = 0.8$$

Величина, которая показывает, во сколько раз количество последующей фракции меньше предыдущей, называется *коэффициентом сбега* K .

При $K = 0,8$ получаем смеси с максимальной плотностью. Однако, вследствие того, что рассчитать минеральные смеси с $K = 0,8$ трудно, Н.Н. Иванов предложил принимать коэффициент сбега в пределах от 0,7 до 0,9, при котором смеси получают достаточно плотными.

Зная размеры фракций, их количество и принятых коэффициент сбега (например, $K = 0,7$) составляют уравнения такого вида:

<u>Фракции</u>	<u>Массовое количество</u>
Q_1	y_1
Q_2	$y_2 = y_1 K$
<u>Q_3</u>	<u>$y_3 = y_2 K = y_1 K^2$</u>
Q_n	$y_n = y_{n-1} K = y_1 K^{n-1}$

Сумма всех фракций (по массе) равна 100%, т.е.

$$y_1 + y_1 K + y_1 K^2 + y_1 K^3 + \dots + y_1 K^{n-1} = 100$$

$$y_1(1 + K + K^2 + K^3 + \dots + K^{n-1}) = 100$$

В скобках указана сумма геометрической прогрессии, и, следовательно, количество первой фракции в смеси определится как:

$$y_1 = (1 - K)/(1 - K^n)100$$

Аналогично определяем процентное содержание первой фракции y_1 для $K = 0,9$.

Зная содержание первой фракции можем определить y_2, y_3 и так далее.

На основании полученных данных строят предельные кривые, соответствующие выбранным коэффициентам сбега.

Кривые с коэффициентом сбега менее 0,7 относят к составам минеральной части асфальтобетона с незначительным содержанием минерального порошка. Составы, рассчитанные по $K = 0,9$, содержат повышенное количество минерального порошка [3,5].

Кривая гранулометрического состава конкретной рассчитываемой смеси должна располагаться между предельными кривыми для данного типа смеси.

Высокие эксплуатационные показатели дают смеси с повышенным содержанием щебня и уменьшенным содержанием минерального порошка, поэтому нормативные документы рекомендуют составы, вписывающиеся между предельными кривыми с $K = 0,65 - 0,8$, при этом пористость минерального остова должна соответствовать ГОСТ 9128 – 2009.

В случае невозможности расчета плотной минеральной смеси по предельным кривым (при отсутствии крупнозернистых песков и невозможности обогащения мелких высевками) необходимая плотность может быть подобрана по принципу прерывистой гранулометрии.

Как показали исследования, прерывистая гранулометрия приводит к получению жесткого каркаса за счет меньшей раздвижки крупных зерен более мелкими. Составы минеральной части асфальтобетона с прерывистой гранулометрией, в которой нет фракции 5 – 0,63 мм приведены в ГОСТ 9128 – 2009.

При использовании материалов, различающихся между собой по плотности на величину более $0,2 \text{ г/см}^3$, необходимо вносить поправки в соотношение минеральных компонентов, увеличивая количество более тяжелых и уменьшая количество более легких компонентов на частное от деления ρ_1/ρ_0 , где ρ_0 – плотность минеральных материалов, количество которых преобладает в смеси; ρ_1 – плотность минерального материала, отличающаяся от ρ_0 на $0,2 \text{ г/см}^3$.

Пример

$\rho_0 = 2,7$ – истинная плотность щебня или песка.

$\rho_1 = 2,9$ – истинная плотность минерального порошка.

Если по расчету требуется 10% минерального порошка в асфальтобетонной смеси, то его *фактическую* массовую долю следует принимать $(2,9/2,7) 10 = 10,7\%$.

При этом на 0,7% уменьшают количество преобладающей фракции (песка или минерального порошка).

Определение оптимального количества битума

Ориентировочно массовую долю битума в асфальтобетонной смеси определяют расчетом. Существует несколько методов определения содержания битума в асфальтобетоне, но наиболее широко применяют метод, основанный на расчете количества битума по пустотности минерального остова и заданной пористости асфальтобетона.

Перспективен расчет количества битума в смеси по методу профессора И.В. Королева, основанный на битумоемкости минеральных компонентов.

Для определения содержания битума формируют пробные образцы из смеси с заведомо малым содержанием битума, затем определяют объем пустот в минеральном остове.

$$П = \left(1 - \frac{100 \rho_{м.а/б}}{(100 + B_{пр}) \rho_{м}} \right) 100;$$

Где $\rho_{м.а/б}$ – средняя плотность асфальтобетонного образца;

$B_{пр}$ – количество битума в пробной смеси;

$\rho_{м}$ – средняя плотность минеральных материалов.

Расчетная формула для определения оптимального содержания битума будет иметь вид:

$$B = П_о \varphi \rho_б \frac{100 + B_{пр}}{100\rho}$$

$\rho_б$ – плотность битума; φ – коэффициент заполнения пустот минеральной части битумом, зависящий от заданной остаточной пористости.

Лекция 11 «Производство асфальтобетонных смесей»

Общие сведения

Асфальтобетонные смеси (горячие и холодные) изготавливают на стационарных или передвижных асфальтобетонных заводах (АБЗ). Первые строятся там, где имеется постоянная потребность в асфальтобетонных смесях – в городах, у крупных транспортных узлов. Передвижные (вре-

менные) АБЗ создают при строительстве или реконструкции магистральных автомобильных дорог.

Удаленность АБЗ от места укладки горячей смеси определяется продолжительностью ее транспортирования, которая не должна превышать полутора часов.

Целесообразный радиус обслуживания строящихся дорог с одного АБЗ 60 – 80 километров. Расстояние транспортирования холодной асфальтобетонной смеси не имеет ограничения и определяется технико-экономическими расчетами.

Выбор площадки для АБЗ определяется из условий наименьшего расстояния транспортирования готовой смеси и исходных материалов, наличия железнодорожных и водных путей, энерго- и водоканализационного хозяйства и других местных условий. Наилучшее место для размещения АБЗ выбирают на основе технико-экономических изысканий. Современный уровень развития техники позволяет полностью механизировать и автоматизировать производство асфальтобетонных смесей на АБЗ.

В зависимости от принятой схемы организации работ АБЗ могут быть:

- с производством асфальтобетонных смесей на привозных, готовых к применению фракционированных материалах и минеральном порошке;
- с производством смесей на минеральных материалах и минеральном порошке, приготовленных на АБЗ.

Состав АБЗ

В состав асфальтобетонного завода входят

- смесительный цех, состоящий из машин и агрегатов, предназначенных для приготовления асфальтобетонных смесей на подготовленных материалах;
- битумное хозяйство, включающее битумохранилище, битумоплавильные котлы, насосные станции, битумопроводы;
- помольную установку, перерабатывающую минеральные материалы (известняк, доломит, доменные шлаки) а минеральный порошок;
- склады щебня, песка, минерального порошка;
- лабораторию, контролирующую качество материалов, технологию производства и качество выпускаемой продукции;
- энергосиловое и паросиловое хозяйство;
- средства для внутризаводского транспортирования и др.

Поступающие на завод минеральные материалы выгружают на специальные площадки с твердым покрытием. Рекомендуется устраивать крытые склады и навесы для хранения 10 – 15 дневного запаса щебня мельче 20 мм и песка.

Каменные материалы для производства минерального порошка после просушки во вращающемся барабане размалывают в шаровых или трубных мельницах. Хранят минеральный порошок в закрытых помещениях бункерного типа или силосах.

Для механизации складских операций обычно применяют автопогрузчики, ленточные конвейеры, транспортные эстакады и других машины и механизмы.

Битум поступает на АБЗ в бункерных полувагонах и цистернах и сливается в битумохранилище. При расположении нефтеперерабатывающего завода на расстоянии ближе 300 км битум можно доставлять автобитумовозами.

Технологический процесс получения асфальтобетонной смеси

Включает следующие операции:

- подготовку минеральных материалов (подача и предварительное дозирование, высушивание и нагрев до требуемой температуры, дозирование);
- подготовку битума (подача из хранилища в битумоплавильню, обезвоживание и нагрев до рабочей температуры, при необходимости введение ПАВ или разжижителя, дозирование перед подачей в смеситель);
- перемешивание минеральных материалов с битумом и выгрузку готовой асфальтобетонной смеси в накопительные бункеры или автомобили-самоствалы.

Основным агрегатом на АБЗ является асфальтосмеситель. В настоящее время асфальтосмесительное оборудование представляет собой комплект, включающий агрегат питания, сушильный и смесительный агрегаты, накопительный бункер, емкости для битума, минерального порошка и мазута, кабину управления и все необходимые средства вертикального и горизонтального транспорта компонентов смеси. Производительность асфальтосмесителей составляет 25 – 50 или 100 – 200 т/ч. Они могут работать в автоматическом и дистанционном режимах управления. Асфальтосмесительные установки принудительного перемешивания периодиче-

ского действия предназначены для выпуска всех видов и типов асфальтобетонных смесей.

Предварительно дозированные щебень и песок попадают через питатель на холодный ковшовый элеватор. Просушенные и нагретые в сушильном барабане до температуры 200 - 300° С песок и щебень горячим элеватором подаются на грохот, которым рассортировываются на фракции по соответствующим отсекам горячего бункера. Минеральный порошок в холодном виде отдельным элеватором подается непосредственно в отсек бункера (благодаря наличию в соседнем отсеке горячего щебня минеральный порошок немного нагревается).

Из бункера минеральные материалы через затворы попадают в весовой ковш, где поочередно (суммированием навесок) взвешивают в требуемой пропорции на один замес, сыпаются в лопастную мешалку, и после перемешивания сухой минеральной смеси в течение 10 -20 секунд туда же вводят битум. Перемешивание компонентов одного замеса массой 600 кг обычно продолжается 60 -80 секунд. Производительность таких смесителей составляет 25 – 40 т/ч.

В асфальтосмесителе автоматизированы все основные технологические процессы: дозирование материалов, перемешивание, выпуск готовой смеси. Рабочие органы смесителя приводятся в движение пневматической системой. В связи с этим смеситель снабжен компрессорной установкой. Изменение состава асфальтобетонной смеси может быть в течение 30 – 60 секунд. Машинист смесителя работает в закрытой кабине, оборудованной пультом управления [1,6,7].

В асфальтобетонных смесителях, оборудованных мешалкой непрерывного действия, фракционированный материал из горячих бункеров дозируют ленточными дозаторами непрерывного действия, минеральный порошок – шнековыми. Все материалы в требуемом соотношении поступают в лопастную мешалку, смачиваясь непрерывным потоком битума. Перемешиваясь, смесь перемещается к выгрузочному отверстию. Время и скорость перемешивания регулируется. Производительность такой установки – 100 т/ч.

Укладка и уплотнение асфальтобетонной смеси

Технологический процесс устройства слоев оснований и покрытий из асфальтобетона включает целый комплекс работ.

Подготовка основания

Включает: проверку качества основания и устранение дефектов, очистку поверхности от пыли и грязи, обработку основания вяжущим в целях обеспечения надлежащего сцепления с покрытием.

Максимальный размер неровностей основания при проверке трехметровой рейкой не должно превышать 6 -8 мм. Хорошее сцепление покрытия с основанием обеспечивается за счет обработки основания или нижнего слоя покрытия битумом или битумной эмульсией.

Укладка смеси

Для получения хорошего покрытия и обеспечения высокопроизводительной работы организуется непрерывное и равномерное поступление асфальтобетонной смеси. Доставленная к месту укладки смесь должна иметь температуру не ниже, указанной в таблице 3.

Таблица 3

Вид смеси	Марка битума	Температура смеси, ° С	
		при выпуске из смесителя	в асфальтоукладчике при укладке
Горячая	БНД 40/60	140 - 160	120
	БНД 60/90		
	БНД 90/130		
	БН 60/90		
	БН 90\130		
Холодная	СГ 70/130	80 – 100	5
	МГ 70/130	90 - 100	
	МГО 70/130		

При температуре воздуха 10° С скорость охлаждения асфальтобетонной смеси, уложенной при 160° С, зависит от толщины слоя.

Покрытие строит механизированное звено в составе: самоходный асфальтоукладчик, один легкий и два тяжелых катка на каждый асфальтоукладчик.

Асфальтоукладчик одновременно с укладкой предварительно уплотняет смесь. Поверхность слоя после прохода асфальтоукладчика должна быть ровной, однородной, без разрывов и раковин.

Уплотнение

Асфальтобетонную смесь уплотняют гладковальцовыми катками массой 6 – 8, 10 – 13 и 11 – 18 тонн, катками на пневмошинах массой 16 тонн и вибрационными катками массой 6 – 8 тонн.

Гладковальцовым катком массой 6 – 8 т покрытие уплотняют непосредственно после укладки смеси 2 – 3 проходами по одному следу, затем катками на пневмошинах массой 16 т 6 – 10 проходами по одному следу и заканчивают уплотнение гладковальцовыми катками массой 11 – 18 т 4 – 8 проходами по одному следу.

Количество проходов катка (энергоёмкость уплотнения), необходимое для уплотнения асфальтобетонной смеси, взаимосвязано составом следующим образом:

- при замене в смеси природного песка на дробленый – удваивается;
- при переходе от малощебенистых (30 – 35%) к многощебенистым (50 – 60%) смесям, возрастает на 50%;
- при применении высокопористых асфальтобетонных смесей с пониженным количеством битума – возрастает на 30 – 40%.

Контроль качества асфальтобетонной смеси и асфальтобетона

При приготовлении асфальтобетонных смесей контролируют:

- качество исходных материалов;
- точность дозирования минеральных материалов и битума;
- продолжительность перемешивания минеральных материалов с битумом;
- соответствие смеси заданному составу.

Для контрольных испытаний (ГОСТ 9128 - 2009) отбирают три пробы из каждой партии (партией считают количество смеси одного состава, выпускаемого на одной установке в течение одной смены, но не более 600 тонн) непосредственно из кузова автомобиля.

Определяют следующие показатели: температуру готовой смеси, зерновой состав и содержание битума, пористость минерального остова и остаточную пористость, водонасыщение и коэффициент водостойкости, предел прочности при сжатии при температурах 50° С, 20° С и 0° С.

В процессе строительства асфальтобетонных покрытий систематически контролируют: температуру и однородность смеси, укладываемой в покрытие, проектную толщину и профиль покрытия, качество уплотнения.

Наиболее важная часть контроля – проверка степени уплотнения покрытия. Для этой цели из покрытия берут пробы – вырубкой или высверливанием и определяют среднюю плотность и водонасыщение образцов.

Из части взятой пробы изготавливают образцы так же, как и при испытании асфальтобетонной смеси.

По отклонению средней плотности образцов ненарушенной структуры от средней плотности образцов стандартно уплотненных, и их водонасыщению, судят о качестве уплотнения дорожного покрытия.

Вырубки и керны отбирают в слоях из горячих асфальтобетонов через 1 – 3 суток после их уплотнения, а из холодного через 15 – 30 суток на расстоянии не менее одного метра от края покрытия.

Коэффициент уплотнения $K_{упл} = \rho_{покр} / \rho_{обр}$ конструктивного слоя должен быть не меньше:

- 0,99 для плотного асфальтобетона из горячих смесей типов А и Б;
- 0,98 для плотного асфальтобетона из горячих смесей типов В, Г и Д, пористого и высокопористого асфальтобетона;
- 0,96 для асфальтобетона из холодных смесей.

Отбор проб производится из расчета не менее трех образцов на 7000 м² покрытия.

Инструментальная проверка качества асфальтобетона в покрытии заключается в определении коэффициента сцепления шины автомобиля с увлажненной поверхностью покрытия лабораторной установкой ПКР – 2, по длине тормозного пути или по значению замедления автомобиля, а также по прибору маятникового типа МП – 3 [1,5,7].

Лекция 12 «Разновидности асфальтобетона, их свойства и особенности»

Холодный асфальтобетон

Холодный асфальтобетон представляет собой разновидность асфальтобетона, в котором использованы маловязкие – жидкие или разжиженные битумы, а в последнее время битумные эмульсии, вследствие чего масса холодного асфальтобетона укладывается при температуре окружающего воздуха.

Характерной особенностью холодного асфальтобетона является его способность оставаться в рыхлом состоянии длительное время (до 8 – 10

месяцев) после приготовления. Это объясняется наличием тонкой битумной пленки на минеральных зернах. Слеживаемость холодных смесей при длительном хранении уменьшают путем добавления на последней стадии перемешивания массы сульфидно-спиртовой барды (ССБ) и хлорного железа, а также некоторых других специальных веществ в количествах до 2 – 3%. Эти же вещества способствуют лучшему сцеплению битума с поверхностью не полностью не полностью просушенного минерального материала. Холодные смеси сравнительно легко можно перегружать в транспортные средства и распределять тонким слоем при устройстве дорожных покрытий.

Свойства холодного асфальтобетона

При эксплуатации дорожных покрытий под действием атмосферных факторов заметно изменяются свойства жидких битумов. Для оценки качественных изменений холодного асфальтобетона пользуются:

- пределами прочности при сжатии образцов в сухом и водонасыщенном состоянии;
- набуханием образцов, изготовленных из смеси при 90° С.

Длительность прогрева смеси устанавливают в зависимости от скорости загустевания битума.

ГОСТ 9128 – 2009 холодный асфальтобетон подразделяет на типы Б_х, В_х, Г_х, Д_х, а также предусматривает две марки холодных асфальтобетонных смесей.

Асфальтобетоны I марки, приготовленные на жидких битумах класса СГ, обеспечивают более быстрое формирование структуры дорожного покрытия по сравнению со смесями II марки, приготовленными на медленногустеющих битумах класса МГ.

Таблица 4

Показатели	Нормы для а/бетона марок	
	I	II
<i>Предел прочности при сжатии при t = 20°С, МПа не менее:</i>		
а) до прогрева для а/бетонов типов	1,5	1,0
Б _х , В	1,7	-
Г _х ,	-	1,2
Д _х		

б) после прогрева для а/бетонов типов Б _х , В Г _х , Д _х	1,8 2,0 - 1,5	1,3 - 1,5
Коэффициент водостойкости, не менее: а) до прогрева б) после прогрева	0,75 0,90	0,60 0,65
Коэффициент водостойкости при длительном водонасыщении, не менее: а) до прогрева б) после прогрева	0,50 0,75	0,40 0,65
Набухание, % по объему, не более	1,2	2,0

Пористость минерального остова асфальтобетона из холодных смесей типа Б_х не должна быть более 18% по объему, типа В_х – более 20%, типов Г_х, Д_х – более 21% по объему.

Остаточная пористость асфальтобетона из холодных смесей должна быть 6 – 10% по объему, **водонасыщение** – 5 – 9% по объему, **слеживаемость** – не более 10 ударов.

Гранулометрические составы холодных асфальтобетонных смесей отличаются от составов горячих смесей в сторону повышенного содержания минерального порошка (до 20%) - частиц мельче 0,071 мм, пониженным содержанием щебня (до 50%).

Требования к материалам для холодного асфальтобетона

Для приготовления холодного асфальтобетона применяют преимущественно дробленые материалы, имеющие угловатую форму зерен с шероховатой поверхностью. Это необходимо для повышения внутреннего трения и заклинки зерен минеральных материалов, что частично компенсирует уменьшение прочности асфальтобетона ввиду пониженного сцепления при использовании жидких битумов [2,6,7].

Требования к крупному и мелкому заполнителю

В качестве крупного заполнителя применяют щебень из морозостойких карбонатных пород (известняков, доломитов) и доменных шлаков с пределом прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии не менее 800 кг/см², а при использовании изверженных и метаморфических горных пород – не менее 1000 кг/см². Максимальный размер зерен в холодном асфальтобетоне составляет 10 – 15 мм, а чаще 8 – 11 мм, более крупный ще-

бень ухудшает условия формирования покрытия. С понижением прочности щебня принимается меньший размер.

Суммарное содержание фракций мельче 0,071 мм в минеральной смеси составляет обычно 5 – 10%, суммарное содержание щебеночных фракций крупнее 5 (3) мм должно быть около 55 – 65% по весу.

Холодный асфальтобетон, изготовленный с применением только известнякового щебня, со временем в покрытии становится скользким, т.к. эта порода в присутствии битума хорошо шлифуется. Поэтому к известняковому щебню добавляют до 30% мелкого гранитного щебня или щебня из основных пород – диабаз, базальта или искусственно дробленного песка из тех пород камня прочностью не ниже 1000 кг/см².

Песок должен быть чистым, морозо- и погодостойким, не содержать органических примесей или глинистых частиц, способных набухать с водой.

Требования к минеральному порошку

Роль минерального порошка состоит в том, чтобы придать повышенную вязкость и клеящую способность разжиженному или жидкому битуму. последний с помощью порошка переводится в тонкопленочное состояние, и чем мельче минеральная частица, тем тоньше на ней откладывается слой битума.

При тонких пленках битума слеживаемость массы меньше и прочность плотного покрытия выше.

Минеральный порошок в основном применяется известняковый, в котором содержится не менее 70% частиц мельче 0,071 мм.

Требования к органическому вяжущему

В качестве органического вяжущего применяются битумы классов СГ и МГ с пониженными вязкостями, получаемые на АБЗ в готовом виде. При их отсутствии получают битумы класса СГ и при тех вязкостях разжижением вязкого битума марки БНД 60/90 в нефтяном разжижителе с температурой кипения 170 - 180° С, в основном керосиновой фракции. Битумы класса МГ получают растворением того вязкого битума в гудроне, природной смолистой нефти, крекинг – остатке. Процесс разжижения выполняется на битумных базах АБЗ.

Выбор марки битума и, следовательно, назначения вязкости вяжущего зависят от климатических условий, продолжительности и температуры хранения, прочности щебеночного материала.

Чем холоднее природные условия, длительнее срок хранения, ниже прочность щебня, тем более жидким должно быть вяжущее.

Наиболее распространенными являются битумы с вязкостью 120 – 180 секунд, определяемые по стандартному вискозиметру (при отверстии 5 мм и температуре 60° С), что соответствует маркам СГ 130/200, СГ 70/130 и МГ 130/200, МГ 70/130.

При использовании в качестве вяжущего эмульсии учитывается скорость ее распада (рекомендуется в пределах средней скорости распада, не более 12 – 15%) и содержание в ней вяжущего материала 50 – 60%. Для лучшего сцепления битума, после распада эмульсии, с поверхностью каменного материала желательнее при их объединении добавлять 0,5 – 1,0% гашеной извести или поверхностно-активных веществ.

Доля вяжущего в составе холодного асфальтобетона обычно находится в пределах 6 – 8%, для песчаного и 5 – 7% для мелкозернистого [5].

Приготовление, укладка и уплотнение

Состав холодного асфальтобетона можно рассчитать по типовым составам или по методике, применяемой для расчета горячего асфальтобетона, с обязательной проверкой физико-механических свойств смесей в лаборатории.

Приготовление

Холодные асфальтобетонные смеси изготавливают, как правило, на стационарных заводах.

Технологический процесс состоит из следующих операций. Каменные материалы измельчаются в камнедробилке и прогреваются в сушильном барабане до температуры 115 - 125° С. С грохота мелкие фракции, предусмотренные составом, отходят в бункерные отсеки, крупные подаются для вторичного измельчения.

Собранные в бункерных отсеках дробленый материал поступает в дозирующее устройство, на котором отвешиваются дробленые материалы (высевки, каменная мелочь) и минеральный порошок в соответствии с заданным составом холодного асфальтобетона. Одновременно отмеряется необходимое количество вяжущего материала. Все материалы направляются в лопастную мешалку смесителя и тщательно перемешиваются до однородного состояния. Готовая асфальтобетонная смесь выпускается с

повышенной температурой и чтобы она не слеживалась на складе ее требуется охладить до 38 - 40° С.

Охлаждение достигается при транспортировании смеси ленточными конвейерами или пропуском ее через вибровоздушную охлаждающую установку, в которой вентилятором подается холодный воздух. Охлаждение также возможно простым рыхлением смеси с помощью экскаватора в штабелях высотой 1,5 – 2 метра. После остывания до необходимой температуры (обычно температура воздуха) асфальтобетонная смесь отправляется в железнодорожных вагонах или на автомобилях потребителю либо складывается в штабеля высотой 2,0 – 2,5 метра.

В летнее время холодная смесь может находиться под открытым небом. При погрузке в транспортные средства она должна оставаться рыхлой и иметь температуру не выше 30° С летом и не выше 25° С зимой. При более высоких температурах возникает опасность слеживания в пути.

Укладка

Укладка смеси производится механическими асфальтоукладчиками при минимальной толщине слоя. Плотный слой покрытия обычно равен 1,5 – 2 см, рыхлый – на 60 – 70% толще, что обеспечивает после прохода асфальтоукладчика и уплотнения трамбуящим брусом превышение над проектной отметкой в пределах 10 – 15%.

Ориентировочная норма расхода холодной смеси при устройстве дорожных покрытий равна 21 – 25 кг/м² односантиметровой толщины слоя покрытия. Заканчивают укладку смеси за 2 – 3 недели до начала осенних дождей в данном районе и спада среднесуточных температур ниже +10° С. Во время дождя укладка смеси не производится. Уложенный слой должен быть ровным, однородным и без разрывов и раковин. При температуре воздуха ниже +10° С температуру смеси повышают не менее чем до 30 - 60° С. Чем холоднее погода, тем теплее должна быть смесь. Полностью укладка смеси прекращается при температуре воздуха ниже -10° С. Длина укладываемой полосы допускается до 500 метров.

Уплотнение

Уплотнение холодного асфальтобетона производится самоходными катками на пневматических шинах (6 – 8 проходов по одному следу) или обычными легкими моторными катками весом до 5 т. После 4 – 8 проходов этого катка по одному следу слой смеси только подпрессовывается, но не становится монолитным покрытием. Возможна укатка вибрационными

катками. В этом случае слой уплотняется в два периода – без включения вибратора и с его включением.

При увеличенной толщине покрытия (до 3,5 – 4 см и более), а также при уплотнении слегка теплой, еще не остывшей смеси при низких температурах воздуха, уплотнение производится катками среднего веса (до 9 – 10 т). При появлении волосных трещин под этим катком укатку прекращают и переходят на легкие катки.

Необходимая плотность создается пол воздействием более или менее длительного движения автотранспорта (в течение 25 – 30 дней). Продолжительность формирования покрытия зависит от периода года, интенсивности и характера движения.

Область применения

Применяется холодный асфальтобетон для создания верхних слоев дорожных покрытий и при производстве ремонтных работ, при восстановлении сильно износившихся покрытий. Если на ремонтируемом покрытии образовалась колея, то рекомендуется устраивать защитные слои из холодного асфальтобетона.

Если холодный асфальтобетон употребляется в строительных работах непосредственно после его изготовления на АБЗ, то укладку смеси предпочтительней производить еще в теплом состоянии, что упрощает раскладку смеси, способствует образованию более компактного слоя, а при уплотнении – быстрее формируется монолитное покрытие.

Укладка смеси производится в сухую или слегка влажную погоду. При работах во влажную погоду холодный асфальтобетон изготавливают на битумной эмульсии [1].

Литой асфальтобетон

Литые асфальтобетонные смеси изготавливают в соответствии с ТУ 5718-002-04000633-2006 []. В отличие от асфальтобетонных смесей, приготавливаемых по ГОСТ 9128-2009 [], в литых смесях содержится повышенное количество асфальтового вяжущего (до 13% битума и до 30–35% минерального порошка), что позволяет ремонтному материалу приобрести необходимую плотность без дополнительного уплотнения. Однако данная особенность состава делает литую асфальтобетонную смесь значительно дороже традиционных на 20-25 %. К тому же температура приготовления и укладки литых смесей составляет 180 – 240 °С. Другой отличительной чер-

той данной технологии является необходимость непрерывного перемешивания и подогрева литой смеси при ее транспортировании к месту укладки, а, следовательно, применение специально оборудованных транспортных средств – термос-бункеров.

Литые асфальтобетонные смеси имеют практически нулевую пористость и водонасыщение, что обеспечивает высокую водостойкость покрытий, а также их усталостную долговечность. Недостатком при этом является низкая трещиностойкость при отрицательных температурах.

Технология производства и применения литых смесей должна соответствовать указаниям ВСН 60-97 «Инструкция по устройству и ремонту дорожных покрытий с применением литого асфальтобетона».

В соответствии с ТУ 5718-002-04000633-2006 [] литые асфальтобетонные смеси классифицируются следующим образом:

Таблица 4

Коды и основные классификационные особенности смесей

Код ОКП	Основные классификационные особенности смеси				Назначение	
	тип смеси	наиб, мм	массовая доля, %			Б МП
			фракций более 5 мм	асфальто-вяжущего вещества		
5718410073 5718420013		5	45 - 55	25 - 30	0,35 - 0,45	Новое строительство и капитальный ремонт
5718410074 5718420014	I	0	35 - 50	20 - 25	0,40 - 0,55	
5718410075 5718420015	II	0	45 - 65	15 - 20	0,50 - 0,65	Тротуары
5718410076 5718420016	V			17 - 23	0,40 - 0,65	
5718410077 5718420017		0	35 - 50	22 - 28	0,55 - 0,75	Текущий ремонт

Таблица 5

Температура смеси при выпуске из смесителя

Тип смеси	Температура смеси, °С		
	при температуре воздуха, °С		
	выше + 10	от + 10 до + 5	ниже + 5
I	220 - 240	220 - 240	-
II, III	200 - 220	210 - 230	-
IV	165 - 180	175 - 185	до 210

Тип смеси	Температура смеси, °С		
	при температуре воздуха, °С		
	выше + 10	от + 10 до + 5	ниже + 5
V	180 - 200	190 - 210	до 220

Физико-механические свойства литого асфальтобетона должны соответствовать данным таблицы 6.

Таблица 6

Физико-механические свойства литого асфальтобетона

/п	Показатели свойств	Нормы по типам				
		I	II	III	V	V
1	Пористость минерального остова, % по объему, не более	2	2	2	2	22
2	Водонасыщение, % объема, не более	0	2	2	2	0
3	Прочность на сжатие при температуре + 50 °С, не менее	1,0	1,0	5,0	7,0	0,5
4	Подвижность смеси при 200 °С, не менее, мм	1,0	1,0	1,0	0,7	1,0
5	Глубина вдавливания штампа при температуре + 40 °С, мм, в пределах	3	2	-	-	30
6	Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа, не менее	0	5	-	-	10
7	Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа, не более	1	1	-	-	1
8	Показатель однородности, не более	-6	-4	-	-	10
9	Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа, не менее	2,5	2,5	2,0	2,0	2,5
10	Прочность на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа, не более	6,0	6,0	5,5	5,5	6,0
11	Показатель однородности, не более	0,16	0,16	0,18	0,18	0,16

**Технология устройства и ремонта асфальтобетонных покрытий
с применением литых смесей**

В соответствии с положениями действующих нормативно-технических документов текущий ямочный ремонт с использованием ли-

той асфальтобетонной смеси V типа может производиться при температуре до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Подготовительные работы

В удобном (не мешающем движению транспорта и пешеходов) месте устанавливают передвижной фургон. Далее, расставляют дорожные знаки и ограждения, навешивают светильники или фонари, производят очистку ремонтируемого места от пыли и грязи механическими щетками и сжатым воздухом или вручную. Контуры выбоины размечают с помощью натертого мелом шнура прямыми линиями, параллельными и перпендикулярными оси дороги с захватом неповрежденной части покрытия на ширину 20 - 40 мм. Несколько небольших выбоин, находящихся рядом, объединяют в одну общую карту. Поврежденный участок фрезеруют асфальтофрезерной машиной на глубину 40 - 50 мм и убирают материал старого покрытия. При отрицательной температуре (до $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$) поврежденное место вырубает площадью не более 1 м^2 , тщательно очищают ото льда, снега, пескосольного наноса и просушивают горячим песком, который затем убирают. Поверхность вырубленного участка обрабатывают тонким слоем горячего битума из расчета $0,6 - 0,7\text{ л/м}^2$ примерно за час до укладки литой смеси. В теплое время года, включая весну и осень, поверхность повреждённого участка битумом не обрабатывают. Перед ремонтом участков большой площади (от 3 до 25 м^2) на объект доставляют чёрный щебень и небольшими порциями выгружают в непосредственной близости от ремонтной карты.

Транспортирование литых смесей

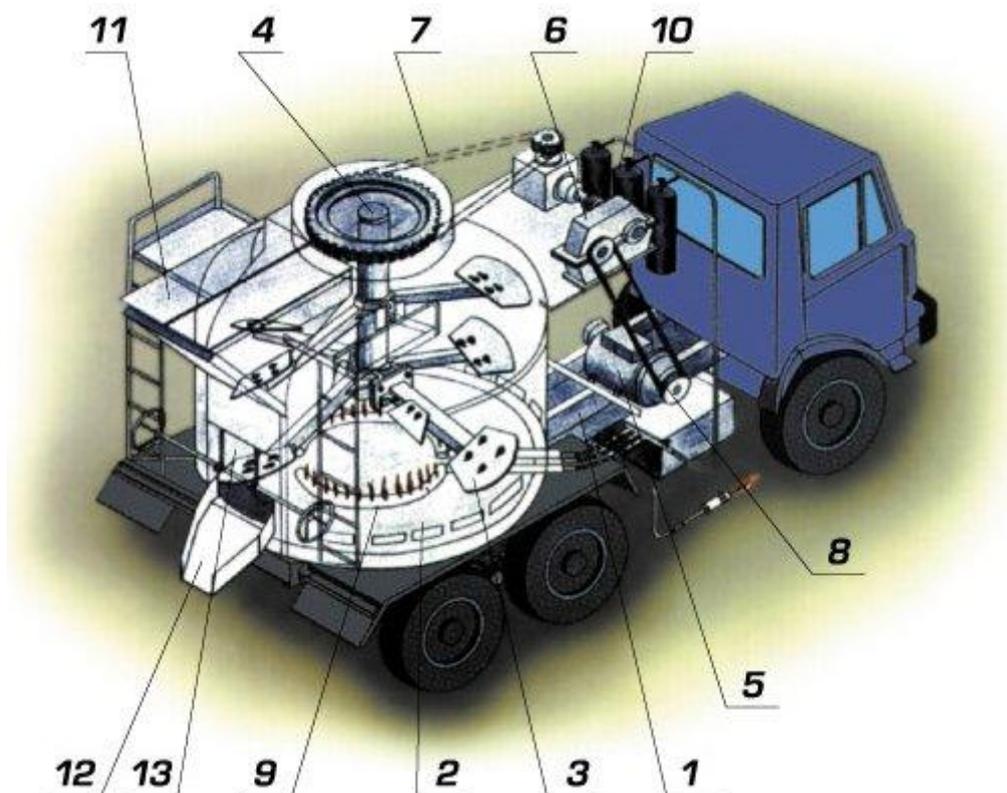
Смесь V типа перевозят в термосах-миксерах (рис. 2). Перед тем, как включить мешалку и поставить термос-миксер под загрузку, его ёмкость нагревают форсунками до температуры $140 - 160\text{ }^{\circ}\text{C}$. Крышки люка, через которые смесь поступает в ёмкость термоса-миксера, открывают за 5 мин до загрузки. С включенной мешалкой и открытым люком термос-миксер подают под загрузку так, чтобы смесь точно попала в люк. При загрузке термоса-миксера водитель должен постоянно находиться в кабине. После наполнения ёмкости термоса-миксера литой смесью крышки загрузочного отверстия закрывают и машину отправляют на объект. В случае попадания смеси на внешние поверхности термоса-миксера их необходимо очистить сразу, после выезда машины из-под загрузки. Мешалка термоса-миксера при загрузке, движении, стоянке и разгрузке машины должна вращаться постоянно, а форсунки (горелки) работать при необходимости.



Рис. 1. Термос-миксер для перевозки литой смеси ОРД-1025

Доставку литой смеси на объект производят навстречу движения ремонтно-строительного потока, во избежание переезда машин, подвозящих смесь через край ранее устроенного или отремонтированного покрытия, а также для обеспечения безопасных условий работ.

При отгрузке продукции потребителю завод-изготовитель обязан каждую транспортную единицу, доставляющую смесь к месту работ, сопровождать товарно-транспортной накладной (паспортом), где указывать наименование завода-изготовителя, тип и температуру смеси, номер, дату и время выдачи накладной.



Оборудование представляет собой блок, в состав которого входит рама 1 и теплоизолированная емкость 2, в которую встроена лопастная мешалка 3 с вертикальным расположением вала 4. Привод мешалки осуществляется от автономного дизельного двигателя 5 через редуктор 6 с использованием клиноременной 7 и цепной 8 передач. Температура смеси в котле поддерживается за счет системы подогрева 9, работающей на сжиженном газе из баллонов 10. Загрузка литой асфальтобетонной смеси осуществляется через загрузочный люк 11 в верхней части котла, а выгрузка - по лотку 12 через люк с шиберным затвором 13 в нижней части котла.

Рис. 2. Принципиальная схема работы термоса-миксера

Укладка смеси

Литую смесь укладывают при помощи термоса-миксера, которым её доставляют к месту производства ремонтных работ. Прием машины на объекте работ осуществляет специально выделенный опытный рабочий-

сигнальщик с красной повязкой, который обязан проверить наличие паспорта на поступившую смесь, удостоверяющего ее качество, температуру и количество.

При проведении работ необходимо соблюдать следующие правила: литая смесь должна иметь температуру не ниже 200 °С, а укладываемый слой - толщину не менее 40 мм. При заливке глубоких выбоин (глубиной до 150 мм) и площадью менее 1 м² допускается укладка смеси на всю глубину в один прием. При отрицательной температуре воздуха (до -10 °С) литая смесь должна иметь температуру не ниже 220 °С и ее укладку нужно производить в безветренную погоду или при слабом ветре. Ремонт широких карт (шириной более двух метров) ведут полосами. С этой целью в продольном направлении устанавливаются упорные деревянные или полые металлические брусья, которые после заливки полосы снимают и переставляют для заливки следующей полосы. Высота брусьев должна соответствовать толщине укладываемого слоя.



Рис. 3. Выгрузка смеси из термоса-миксера

Если при укладке смеси в большие карты процесс прерывается на время, большее периода остывания смеси, то заканчивать ремонт карты следует установкой упорного бруса в поперечном направлении. Поперечные сопряжения полос должны быть перпендикулярны оси дороги.

При образовании на покрытии дефектов, особенно в местах примыкания к краям карт, их исправляют с помощью утюга и ручной трамбовки.

Процесс укладки протекает следующим образом. Термос-миксер (рис. 3) по огороженной транспортной полосе перемещается по ходу движения и занимает положение над подготовленной картой. Рабочий-

оператор при помощи штурвала открывает заслонку термоса-миксера и смесь по лотку сливается в ремонтируемую карту. Открывая или закрывая заслонку, рабочий-оператор регулирует подачу смеси в карту [6].

Другой рабочий, поворачивая лоток, производит распределение смеси по карте, до тех пор, пока уровень покрытия карты не будет превышать уровень старого покрытия на 3 - 5 мм. Далее термос-миксер переезжает к другой карте. Для получения на отремонтированной карте ровной поверхности, на одном уровне с существующим покрытием, разравнивание литой смеси и планировка поверхности ведутся при помощи разравнивателя, деревянной или металлической гладилки. После выработки основного количества смеси из термоса-миксера, водитель включает гидроподъемник. Термос-миксер наклоняется на угол до 15 - 20° и остатки литой смеси выгружаются в карту. После опорожнения термоса-миксера рабочий-оператор, оставляя его в наклонном положении, отключает мешалку и специальным скребком через открытое выпускное отверстие тщательно зачищает дно термоса-миксера и поворотный лоток.

Укладку смеси на участках с продольным уклоном более 30 ‰ ведут в карты площадью до 3 м². Для того чтобы обеспечить тщательное распределение смеси по карте и избежать ее вытекание за пределы ремонтируемой карты, смесь распределяют сверху вниз и малыми порциями. С целью снижения подвижности смеси на уклонах производят также втапливание черного щебня из расчета 16 - 20 кг/м².



Рис. 4. Ремонт дорожного покрытия литой смесью при помощи термоса-миксера ОРД-1025

При производстве работ навстречу движения транспорта необходимо принимать дополнительные меры для обеспечения безопасности, как работ, так и движения транспорта. Термос-миксер должен работать с зажженными фарами и мигалкой, а впереди, не менее, чем за 10 м от машины - установлен предупредительный знак и место работ ограждено. Распределение и втапливание черного щебня в покрытие производят на картах площадью более 3 м² сразу после укладки литой смеси. С этой целью специально обученный дорожный рабочий совковой лопатой разбрасывает рассевом в одну щебенку черный щебень из расчета 6 - 8 кг/м². Под собственной массой щебень втапливается в покрытие и закрепляется в нём. Не втопившийся щебень после остывания покрытия сметают подметально-уборочной машиной и собирают в ковш погрузчика или в автомобиль-самосвал для повторного использования.

По окончании работ технические средства организации движения снимают и открывают движение автомобильного транспорта. Открытие движения транспорта по неостывшему покрытию категорически запрещается.

В процессе производства работ прораб (мастер) должен вести журнал укладки литой асфальтобетонной смеси по утвержденной форме.

Организация ремонтных работ, как в дневное, так и в темное время суток должна быть построена таким образом, чтобы после их окончания подготовленные к ремонту карты не оставались незаполненными.

Организация работ на городских эстакадах, мостах, путепроводах и в тоннелях должна учитывать специфику эксплуатации этих инженерных сооружений и особенности движения транспорта по ним. Необходимо на подходах к этим сооружениям дополнительно выставить соответствующие предупредительные знаки, посты сигнальщиков через 30 - 40 м, а сами работы - вести оперативно и строго по огороженной транспортной полосе.

Ремонт начинают с крайней правой транспортной полосы, ведут его непрерывно до конца поврежденного участка и только затем переходят к ремонту следующей транспортной полосы.

Контроль качества работ

Технический контроль при ремонте дорожных покрытий с помощью литых асфальтобетонных смесей проводят на всех стадиях технологиче-

ского процесса: приготовление смеси на заводе, транспортировка, производство работ на объекте, приёмка готового покрытия.

В процессе приготовления литых асфальтобетонных смесей на заводе контролируют: качество материалов, точность дозирования минеральных материалов и битума, температурный режим приготовления битума и минеральной смеси, продолжительность перемешивания минеральных материалов с битумом, температуру готовой смеси, соответствие состава заданной рецептуры и свойств, требованиям нормативно-технических документов.

Качество материалов, используемых для приготовления литых асфальтобетонных смесей, проверяют методами, установленными соответствующими государственными стандартами.

Контроль качества литых смесей осуществляют путем проверки соответствия показателей физико-механических свойств каждой партии готовой продукции требованиям ТУ 5718-002-04000633-2006 [6]. Партией является количество смеси одного состава, равное 2-х сменной выработке одной смесительной установки, изготовляемое из одних и тех же материалов и по одной и той же технологии. Если показатели физико-механических свойств литой смеси систематически отличаются от показателей, полученных при подборе рецептуры, проверяют свойства всех материалов, состав смеси, параметры технологического процесса ее приготовления.

Порядок проведения производственного контроля приведен в таблице 7.

Таблица 7

Контроль процесса приготовления смеси

Номенклатура контроля	Этапы контроля		
	входной	операционный	приёмочный
Контролируемые показатели*	1) влажность исходных минеральных материалов 2) плотность минеральных материалов и битума 3) другие испытания, требуемые соответствующими <u>ГОСТами</u>	5) правильность дозировки материалов 6) соответствие температуры нагрева компонентов заданной 7) соответствие температуры перемешивания заданной 8) соответствие времени «сухого» и	10) температура смеси в транспортном средстве 11) подвижность смеси при 200 °С 12) глубина вдавливания штампа при 40 °С 13) водонасы-

Номенклатура контроля	Этапы контроля		
	входной	операционный	приёмочный
	4) стабильность качества	«мокрого» перемешивания 9) точность работы дозирующих устройств**	*** щение 14) пористость минерального острова*** 15) однородность структуры и стабильность свойств, по отдельным показателям
Средства контроля	1 - 4) отбор проб, лабораторные приборы, статистическая обработка	5 - 8) визуально, по показаниям контрольно-измерительных устройств, выведенным на пульт управления или на печать 9) лабораторные приборы	10) термометр 11 - 14) лабораторные приборы 15) статистическая обработка
Режим и объем контроля	1) при изменении погодных условий 3, 2) при поступлении материала на завод 4) 1 раз в квартал	5 - 8) постоянно во время работы установки 9) 1 раз в год	10) в каждом транспортном средстве 11 - 13) ежедневно 14) еженедельно и при изменении состава или условий выпуска 15) 1 раз в квартал
Лица, контролирующие операцию	1 - 4) мастер, лаборант	5 - 9) оператор установки, мастер	10 - 15) мастер, лаборант
Место регистрации результатов	лабораторный журнал	распечатки режима работы установки****	накладная, лабораторный журнал

* Перед квадратной скобкой приведены номера контролируемых показателей.

** Показатели определяют в соответствии с требованиями ГОСТ 12801.

*** Показатель определяется после капитального ремонта смесительной установки по результатам экстрагирования битума из готовой асфальтобетонной смеси и рассева минеральных материалов.

**** Для смесительных установок, со специальным оборудованием.

Кроме того, при наличии навыка, можно предварительно оценивать литую смесь по внешним признакам: однородности, цвету, равномерности распределения битума, удобообрабатываемости при укладке.

При ремонте покрытия проверяют:

- ровность, плотность и чистоту основания карты, при использовании упорных брусьев правильность их установки перед началом и в процессе работы;

- температуру литой смеси в каждом прибывающем на место укладки автомобиле и на всех стадиях устройства покрытия;

- ровность и толщину устраиваемого слоя;

- тщательность устройства сопряжений;

- равномерность распределения черного щебня.

При текущем ремонте покрытий ровность ремонтной карты площадью менее 3-х кв. м оценивают визуально.

Таблица 8

**Операционный контроль при текущем ремонте
дорожных покрытий**

Технологические операции	Объект контроля	Показатели по норме	Способ контроля
Установка технических средств организации движения	Безопасность условий производства работ	Соответствие утвержденной схеме	Визуально
Разметка мест ремонта	Контур карты	Контур карты должен быть очерчен прямыми линиями, параллельными и перпендикулярными оси дороги с захватом неповрежденного покрытия 2 - 4 см	Визуально
Фрезерование покрытия по намеченному контуру с очисткой от скола и мусора и погрузкой в авто-	Глубина фрезерования, отвесность стенок, тщательность очистки	На всю глубину выбоины, но не менее толщины верхнего слоя	Визуально

Технологические операции	Объект контроля	Показатели по норме	Способ контроля
самосвал			
Обработка основания и краев вырубки горячим битумом или эмульсией (в осенне-весенний период)	Расход битума или эмульсии, равномерность распределения, температура битума	0,5 - 0,6 л/м ² температура 70 - 80 °С	Мерным сосудом, визуально, термометром
Прием черного щебня и его складирование	Температура и однородность, объем штабеля	Не ниже 100 °С; зерна щебня должны быть равномерно покрыты битумом; объем штабеля должен соответствовать расходуемому количеству	Термометром, визуально, визуально
Прием литой смеси	Наличие паспорта и соответствие указанного в нем качества смеси требованиям технологического регламента; температура смеси и ее количество	Температура смеси не ниже 200 °С	Термометром, визуально
Укладка литого асфальта	Расход смеси при дозировке шиберной заслонкой термосаммиксера; толщина слоя; тщательность отделки мест сопряжения; ровность покрытия	Просвет должен быть не более 7 мм	Визуально 3-х метровой рейкой
Втапливание черного щебня	Фракция щебня Расход щебня Температура литой смеси в покрытии	5 - 10 мм 6 - 8 кг на м ² Не ниже 180 °С	Набором сит Термометром

Технологические операции	Объект контроля	Показатели по норме	Способ контроля
	Глубина втапливания	Зёрна щебня должны быть равномерно распределены по поверхности и втоплены в слой литого асфальта на 2/3 - 3/4 диаметра зерна	Визуально
Каждую операцию контролирует мастер			

Щебеночно–мастичные асфальтобетоны (ЩМА)

Щебеночно-мастичный асфальтобетон представляет собой горячую асфальтобетонную смесь, состоящую из щебеночного каркаса, в котором весь межкаменный объем заполнен смесью битума с дробленным песком и минеральным порошком. Требования к ЩМА регламентируются ГОСТ 31015-2002 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные».

Зерновой состав ЩМА включает высокое содержание фракционированного щебня (70-80% по массе) с кубовидной формой зерен, а также песок из отсевов дробления. В ЩМА выше содержание битума (6 – 7,5%), однако, для стабилизации повышенного содержания битумного вяжущего в смесь необходимо вводить стабилизирующие добавки, например, целлюлозное волокно (0,2-0,4%).

Применение ЩМА является альтернативой устройству покрытия из традиционного асфальтобетона типа А. Стоимость 1 тн ЩМА выше приблизительно на 25-30 %, но за счет возможности использования более тонкого слоя стоимость 1 квадратного метра покрытия по сравнению с обычным асфальтобетоном приблизительно выравнивается. При этом использование данной технологии имеет существенные преимущества:

- 1) высокая устойчивость к колееобразованию;
- 2) высокая шероховатость покрытия;
- 3) повышенная трещиностойкость;
- 4) устойчивость к появлению волн и наплывов;
- 5) снижение истираемости покрытия;
- 6) высокая устойчивость к старению, долговечность;
- 7) снижение уровня шума покрытия.

Из недостатков щебеночно-мастичного асфальтобетона можно выделить:

- 1) высокая стоимость;
- 2) снижение удобоукладываемости;
- 3) трудности при транспортировании из-за высокой температуры укладки;
- 4) трудности в обеспечении ровности при устройстве поперечных стыков.

Благодаря своей жесткой скелетной конструкции, когда нагрузка с поверхности передается в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала, слой ЩМА подвергается меньшим деформациям, как в поперечном, так и в продольном направлениях. Отсюда и высокая стойкость

ЩМА к колееобразованию. Проведенные исследования продемонстрировали, что показатель прочности на сжатие для ЩМА в 1,5 - 4 раза выше, чем для обычного асфальтобетона.

Применение ЩМА в качестве верхнего покрытия, уменьшает уровень шума на 2 - 4 Дб по сравнению с обычным асфальтобетонным покрытием. В том случае, когда требуется поверхность с крупной шероховатостью для увеличения коэффициента сцепления, применение ЩМА, по сравнению с другими

асфальтобетонными покрытиями существенно снижает уровень шума.

Долговечность данного покрытия объясняется наличием довольно большого процента связующей мастики, которая препятствует проникновению влаги внутрь слоя.

При строительстве верхнего слоя покрытия из щебеночно-мастичной смеси получают достаточно высокие показатели шероховатости и сцепления покрытия с колесом автомобиля при малых величинах остаточной пористости и водонасыщения в пределах 0,5 - 3 %. Такое сочетание свойств становится возможным при строго определенном содержании щебня и асфальтового вяжущего вещества в смеси.

Высокая шероховатость поверхности ЩМА по сравнению с обычным асфальтобетоном позволяет большему количеству воды "скрыться" внутри текстуры поверхности, а не разливаться по поверхности. Отсюда и

меньшая возможность возникновения бликов от освещения фар в ночное время.

Большая долговечность покрытия и его меньшая подверженность различным разрушениям по сравнению с альтернативными материалами приводит в долгосрочном порядке к уменьшению вложенных инвестиций даже при большей изначальной стоимости [6].

Рекомендуемые составы минеральной части ЩМА для верхних слоев покрытий приведены в таблице 9.

Таблица 9

Требования к исходным материалам и краткая характеристика основного технологического оборудования

Тип смеси	Размер зерен, мм, мельче*									
	0	5	0		,5	,25	,63	,315	,16	,071
ЩМ А-10			00-90	0-30	9-19	6-16	2-13	0-11	7-10	5-10
ЩМ А-15		00-90	0-40	0-30	8-18	5-15	2-12	0-10	6-9	4-9
ЩМ А-20	00-90	0-50	2-25	0-20	5-15	4-13	1-11	9-9	5-8	3-8

Примечания:

* При приемосдаточных испытаниях допускается определять зерновые составы смесей по контрольным ситам в соответствии с данными, выделенными жирным шрифтом.

Таблица 10

Технические требования, предъявляемые к ЩМА

Показатель		II климатическая зона
Предел прочности при сжатии, МПа	50 °С	0,65
	20 °С	2,2
	0 °С	-
Водонасыщение, %: Образцов из смесей		От 1,0 до 4,0

Кернов из покрытия	3,5
Водостойкость, не менее*	0,85
Однородность смеси по коэффициенту вариации по пределу прочности при сжатии при 50 °С, %	-
Начальный модуль упругости, МПа, не менее (справочное значение)	-
Сдвигоустойчивость по сцеплению при сдвиге при 50 °С, МПа	-
Трещиностойкость – предел прочности на растяжение при расколе при температуре 0 °С, МПа	2,5-6,0
Пористость минеральной части, %	От 15 до 19
Остаточная пористость %	От 1,5 до 4,5
Коэффициент уплотнения, не менее	-

* - при длительном водонасыщении

Таблица 11

Краткая характеристика основного технологического оборудования

п/п	Наименование оборудования	Основные паспортные характеристики
.	Поливомоечная машина ПМ-130 – 1 шт.	Емкость 6000 л, расход воды при мойке до 1,1 л/м ²
.	Автогудронатор ДС-39Б – 1 шт.	База – Зил-130 (или аналог), емкость бака с эмульсией 2,2 м ³ , ширина обработки 2,5 м, рабочая скорость 4 – 7 км/ч, расход эмульсии до 2 л/м ²
.	Автосамосвалы КаМАЗ – 5 шт.	Грузоподъемность 20 тн
.	Асфальтоукладчик Дунарас F 141 C – 1 шт.	Производительность 600 т/ч, рабочая скорость до 2-3 м/мин, ширина укладки 2,5-7,2 м
.	Каток гладковальцовый вибрационный Дунарас СС 222 XF – 1	Масса 8,4 т, амплитуда 0,025 –0,1 см, частота колебаний 50-68 Гц

	шт.	
.	Каток гладковальцевый Дунарас СС 422 – 1 шт.	Масса 10 т
.	Каток гладковальцевый Дунарас CR 142 – 1 шт.	Масса 14 т
.	Фреза Дунарас	Глубина фрезерования 0-320 мм, ширина фрезерования 2-2,1 м

Правила транспортирования и приемки щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси

Поступающая на объект партия асфальтобетонной смеси (партией считают количество смеси одного вида и состава, выпускаемое предприятием на одной смесительной установке в течение смены, но не более 1200 т. При отгрузке партией считают количество смеси, отгружаемое одному потребителю в течение смены) сопровождается товарно-транспортными накладными и паспортом (документом о качестве) на каждую партию отгружаемой смеси.

На каждую партию отгружаемой смеси потребителю выдают документ о качестве, в котором указывают результаты приемосдаточных и периодических испытаний, в том числе:

- наименование предприятия-изготовителя и его адрес;
- номер и дату выдачи документа;
- наименование и адрес потребителя;
- номер заказа (партии) и количество (массу) смеси;
- вид смеси;
- температуру смеси;
- показатель устойчивости к расслаиванию;
- сцепление вяжущего с минеральной частью смеси;
- водонасыщение;
- пределы прочности при сжатии при температуре 50°C и 20°C;
- пористость минеральной части;
- водостойкость при длительном водонасыщении;
- показатели сдвигоустойчивости;
- показатель трещиностойкости;
- однородность смеси;
- удельную эффективную активность естественных радионуклидов;
- обозначение нормативного документа (ГОСТ, ТУ);
- остаточную пористость.

Смесь транспортируют к месту укладки автомобилями-самосвалами, сопровождая каждый автомобиль транспортной документацией (п. 5.1 настоящей технологической карты). Для предотвращения прилипания смеси, кузова автомашин обрабатывают соляжкой либо специальным раствором. Для предотвращения остывания асфальтобетонной смеси во время транспортирования, кузов автосамосвала покрывается тентом. Температура смеси должна быть: при выгрузке в асфальтоукладчик – не менее 150°С.

Устройство покрытия

Подготовительные операции

Перед укладкой слоя покрытия из смесей ЦМА поверхность нижележащего слоя должна быть при необходимости спрофилирована фрезой или выровнена за счёт устройства выравнивающего слоя в соответствии с проектными отметками, очищена от пыли и грязи, промыта и просушена.

Места, на которых производилось фрезерование, должны быть дополнительно очищены сжатым воздухом.

Приемка подготовительных работ должна быть оформлена актами на скрытые работы в соответствии с установленными формами.

Места, на которых производилось фрезерование, могут быть дополнительно обработаны 60%-й битумной эмульсией ЭБК-1 в количестве не более 0,3-0,5 л/м².

Поперечные сопряжения должны быть перпендикулярны оси дороги, при этом концы ранее уложенной полосы должны быть обрезаны фрезой вертикально без сколов и по необходимости обработаны вяжущим.

Предварительно необходимо осуществить прорезку ранее уложенного и уплотнённого слоя асфальтобетонного покрытия на всю его толщину по линии поперечного стыка нарезчиком с алмазными дисками, затем «холодной» фрезой или, в исключительных случаях (участки, где невозможна работа фрезы) отбойным молотком с рабочим органом в виде лопатки, удалить лишний материал в подготавливаемой зоне за линией стыка.

Поперечный стык необходимо устраивать в одну линию без образования уступов.

Для обеспечения работы асфальтоукладчиков в автоматическом режиме на сменной захватке должны быть установлены стойки с вынесенными на них отметками и натянуты копирные струны.

В качестве струны использовать металлический трос диаметром 2-4 мм; натяжение струны следует осуществить специальными натяжными ле-

бёдками; для исключения провисания струны длина участка натяжения с одной базы не должна превышать 150 м для прямолинейных участков, для участков с переменной кривизной поверхности струна не натягивается и асфальтоукладчик ведет распределение асфальтобетонной смеси по лыже. При принятии решения об использовании струны на таких участках следует руководствоваться следующими рекомендациями:

струна в плане должна быть установлена так, чтобы щуп (рамка) датчика автоматической системы обеспечения ровности не смещался от оси более чем на $1/3$ своей ширины;

конец стержня с пазом, в котором крепится струна, должен быть выполнен таким образом, чтобы щуп (рамка) автоматической системы асфальтоукладчика проходил его не более чем за 3 секунды (время запаздывания срабатывания автоматической системы);

копирная струна для работы асфальтоукладчиков в автоматическом режиме должна быть установлена с обеих сторон укладываемого покрытия: с внешней (у обочины) и внутренней.

Расстояние между стойками должно выбираться из условия исключения провисания струны и составлять 5 - 6,5 м при работе на горизонтальной поверхности и 2-3 м – при работе на участках с переменной кривизной поверхности. Точные значения расстояния между стойками для каждого случая определяет инженер-геодезист;

высота установки струны должна быть в пределах 0,15-0,5 м от основания, на которое установлены стойки;

проектные высотные отметки должны выноситься не только на базовые, но и на все промежуточные стойки;

точность установки копирной струны должна быть ± 3 мм;

после натяжения струны необходимо провести контроль её установки с помощью нивелира, как на стойках, так и между ними.

УКЛАДКА СМЕСИ

Укладку асфальтобетонных смесей следует осуществлять асфальтоукладчиком на ширину 4,5 м, при этом транспортные средства движутся по одной половине проезжей части.

Температура смеси при выгрузке в асфальтоукладчик должна быть не менее 150 °С.

При укладке асфальтобетонных смесей асфальтоукладчиками точная толщина укладываемого слоя подбирается на стадии пробной укатки.

Ориентировочно толщина уплотненного слоя должна быть на 5-7 % больше проектной (при проектной толщине слоя 50 мм толщина уплотненного слоя составляет 52-53 мм).

Режимы работы уплотняющих органов асфальтоукладчика должны быть следующими:

Таблица 12

Слой	Трамбующий брус		Виброплита	
	ход, мм	об/мин	давление, Бар	частота, Гц
Верхний слой покрытия	5-6	около 1000	40	68

Частота оборотов валов трамбующего бруса должна составлять около 1000 об/мин, вала вибратора плиты – 2500-3000 об/мин, амплитуда колебаний трамбующего бруса – 5-6 мм, виброплиты – 1,0-1,5 мм; начинают движение асфальтоукладчика, сдвигают выглаживающую плиту со стартовых колодок и по возможности быстро доводят скорость укладки до рабочей.

Перед началом укладки асфальтоукладчик должен быть установлен в исходное положение и подготовлен к работе в следующей последовательности:

установить выглаживающую плиту на стартовые колодки с, учётом толщины слоя и припуска на уплотнение (5-7% - уточняется при пробной укатке перед началом работ на опытном участке), при этом угол атаки выглаживающей плиты должен быть нулевым;

если асфальтоукладчик должен начать укладку смеси на участке, где нет ранее уложенного полотна, то толщина колодок должна также компенсировать толщину отсутствующего асфальтобетонного покрытия;

установить выглаживающую плиту с углом атаки 2-3°; поворотом рукояток регулятора толщины приподнимают переднюю кромку плиты, за счет чего образуется угол между плитой и поверхностью ремонтируемого (строящегося) участка;

настроить автоматическую систему обеспечения ровности и поперечного уклона;

включить двигатель и приборы разогрева плиты и бункера;

отрегулировать при необходимости положение шнека: шнек должен быть установлен так, чтобы расстояние от нижней кромки его лопасти до поверхности покрытия равнялось половине толщины слоя (2,75см);

установить ход трамбующего бруса 5-6 мм;

установить частоту ударов трамбующего бруса около 1000 в минуту; вибрацию на плите включать по мере необходимости;

прогреть выглаживающую плиту в течение 10-30 минут, в зависимости от погодных условий, до температуры укладываемой асфальтобетонной смеси.

При устройстве поперечного примыкания (в начале смены) уровень установки рабочего органа асфальтоукладчика должен быть тем же, что и в конце предыдущей смены. При этом 2 м от места примыкания необходимо пройти на ручном режиме (без включения автоматики).

В начале смены или после длительного перерыва необходимо прогреть поперечный стык, установить укладчик таким образом, чтобы плита находилась полностью над краем ранее уложенного слоя покрытия, включить систему подачи материала и заполнить шнековую камеру смесью перед выглаживающей плитой.

Щебеночно-мастичная асфальтобетонная смесь должна равномерно доставляться к асфальтоукладчику для обеспечения его непрерывного движения с постоянной скоростью. Необходимо максимально сократить количество остановок асфальтоукладчика.

При разгрузке смеси самосвал должен останавливаться за 30-60 см до асфальтоукладчика без установки на тормоз, а укладчик, двигаясь вперед, наезжать на него, соприкасаясь с автомобилем без толчка.

Во время разгрузки самосвала асфальтоукладчик должен сохранять свою рабочую скорость (не снижать её).

При работе асфальтоукладчика под его колесами (гусеницами) не должно быть посторонних предметов или просыпавшейся при разгрузке асфальтобетонной смеси.

Во время движения асфальтоукладчика необходимо поддерживать одинаковый уровень смеси в шнековой камере, который должен достигать, примерно до оси вала шнека. Главным фактором получения слоя постоянной толщины, является поддержание стабильного давления материала на выглаживающую плиту. Сведение крыльев асфальтоукладчика после выработки каждой машины не рекомендуется.

Бункер всегда должен быть заполнен не менее чем на 25%. При продолжительных перерывах необходимо вырабатывать всю смесь, находящуюся в бункере, шнековой камере и под плитой

При укладке второй половины покрытия расстояние от кромки ранее уложенной полосы до бокового щита асфальтоукладчика должно быть 20-30 мм.

Уплотнение смесей следует начинать непосредственно после их укладки, при этом температура смеси:

при температуре воздуха от +5 до +10°C, и сухом покрытии: при выгрузке в асфальтоукладчик – не менее 150°C, в конце уплотнения – не менее 100°C;

Точное количество проходов катков по одному следу назначается после пробной укатки и отражается в актах пробного уплотнения.

УПЛОТНЕНИЕ СМЕСИ

При укладке асфальтобетонных смесей сопряженными полосами в процессе уплотнения первой полосы вальцы катка не должны приближаться более чем на 10 см к кромке сопряжения.

Уплотнение следующей полосы необходимо начинать по продольному сопряжению. Сопряжение полос должно быть ровным.

Уплотнение поперечного сопряжения можно осуществлять тремя способами. При первом способе гладковальцовый каток должен совершать проходы вдоль продольной оси уплотняемой полосы, при этом оба вальца катка должны полностью выходить за линию шва на уплотняемый слой. При втором способе каток совершает проходы вдоль линии шва, при этом валец при первом проходе заходит на 20-30 см на уплотняемое покрытие, а при каждом последующем проходе смещается от линии поперечного шва на 10 см. При третьем способе каток уплотняет поперечный шов под углом 45°, в этом случае валец должен полностью выходить за линию шва на уплотняемое покрытие.

При первом проходе гладковальцовых катков ведущие вальцы должны быть впереди. В процессе уплотнения катки как можно ближе должны подходить к асфальтоукладчику.

Расстояние между катками должно составлять 2-3 м. При этом необходимо исключить резкое торможение при движении катков.

Первый проход по крайней полосе уплотнения, необходимо начи-

нать, отступив от края покрытия на 10-15 см. Край уплотняется после прохода катка по всей ширине уплотняемой полосы.

Во время уплотнения смеси катки должны быть в непрерывном и равномерном движении. Запрещается останавливать катки на неуплотнённом и неостывшем слое.

Для исключения образования волны каждый последующий след катка должен быть дальше предыдущего в направлении укатки на величину диаметра вальца. При уплотнении каток должен двигаться параллельно оси дороги. Запрещается его движение под углом к оси.

Следует избегать применения катков на пневматических шинах, так как за счет нажима шин, особенно при высоких температурах смеси, битум проявляется на поверхности. Кроме того не рекомендуется применять вибрационные катки с включенным вибратором.

Уплотнение уложенного слоя следует осуществлять в несколько этапов. Прикатка выполняется катком Дунарас СС 222 XF массой 8,4 тн с включенным вибратором за 2-4 прохода по одному следу. Затем уплотнение производится катком Дунарас СС 422 масса 10 тн, при этом каток выполняет 4-6 проходов. Окончательный этап уплотнения выполняется тяжелым гладковальцовым катком Дунарас CR 142 массой 14 тн за 6-8 проходов по одному следу. Окончательное количество проходов катков определяется на стадии пробного уплотнения и фиксируется в соответствующих актах.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА РАБОТ

В процессе производства работ по устройству верхнего слоя покрытия из смесей ЩМА должны контролироваться:

- температура смеси в кузове каждого самосвала;
 - температура смеси после укладчика;
 - температура смеси в конце захватки уплотнения;
 - толщина слоя через каждые 20 м;
 - ровность и поперечные уклоны через каждые 40 м;
 - ширина слоя через 50 м;
 - качество устройства продольных и поперечных сопряжений уложенных полос;
 - соблюдение заданных режимов работы асфальтоукладчика и катков;
 - качество уплотненной смеси в покрытии.
- Температура смеси в кузове самосвала при выгрузке в асфальтоук-

ладчик должна быть не менее 150 °С.

Толщина устроенного слоя покрытия измеряется по отобранным кернам.

Ровность и поперечные уклоны контролируются с помощью 3-х метровой рейки. Не более 5% результатов замеров ровности могут иметь значения в пределах до 6 мм, остальные до 3-х мм; не более 10% замеров поперечных уклонов могут иметь отклонения от проектных в пределах от минус 0,010 до плюс 0,015, остальные до +0,005.

Качество поперечных и продольных сопряжений уложенных полос оценивается визуально и соблюдением норм по ровности, измеряемой 3-х метровой рейкой.

Шероховатость защитного слоя из ЩМА следует измерять методом «песчаного пятна» в соответствии со СНиП 3.06.03-85 «Автомобильные дороги». Минимальная средняя глубина впадин шероховатости должна быть не менее 1 мм.

Все результаты замеров заносятся в специальные карты контроля, которые являются частью приемо-сдаточной документации [6].

Таблица 13

Требования к готовому асфальтобетонному покрытию

№ п/п	Наименование показателя	Нормативная документация, устанавливающая значения показателей	Нормативное (требуемое) значение
	Высотные отметки по оси	СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги, Приложение 2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах до ± 20 мм, остальные до ± 10 мм
	Ширина слоя	СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги, Приложение 2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 15 до 20 см, остальные

			до ± 10 см
	Толщина слоя	СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги, Приложение 2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от -5 до + 10 мм, остальные до ± 10 мм
	Поперечные уклоны	СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги, Приложение 2	Не более 10 % результатов определений могут иметь отклонения от проектных значений в пределах от минус 0,010 до 0,015, остальные до $\pm 0,005$
	Ровность (просвет под рейкой длиной 3 м)	СНиП 3.06.03-85. Автомобильные дороги, Приложение 2	Не более 5 % результатов определений могут иметь значения просветов в пределах до 6 мм, остальные - до 3 мм

Раздел 3 «Материалы из расплавов неорганических сырьевых масс»

Лекция 13 «Шлаки»

Разновидности шлаков, их структурные особенности

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

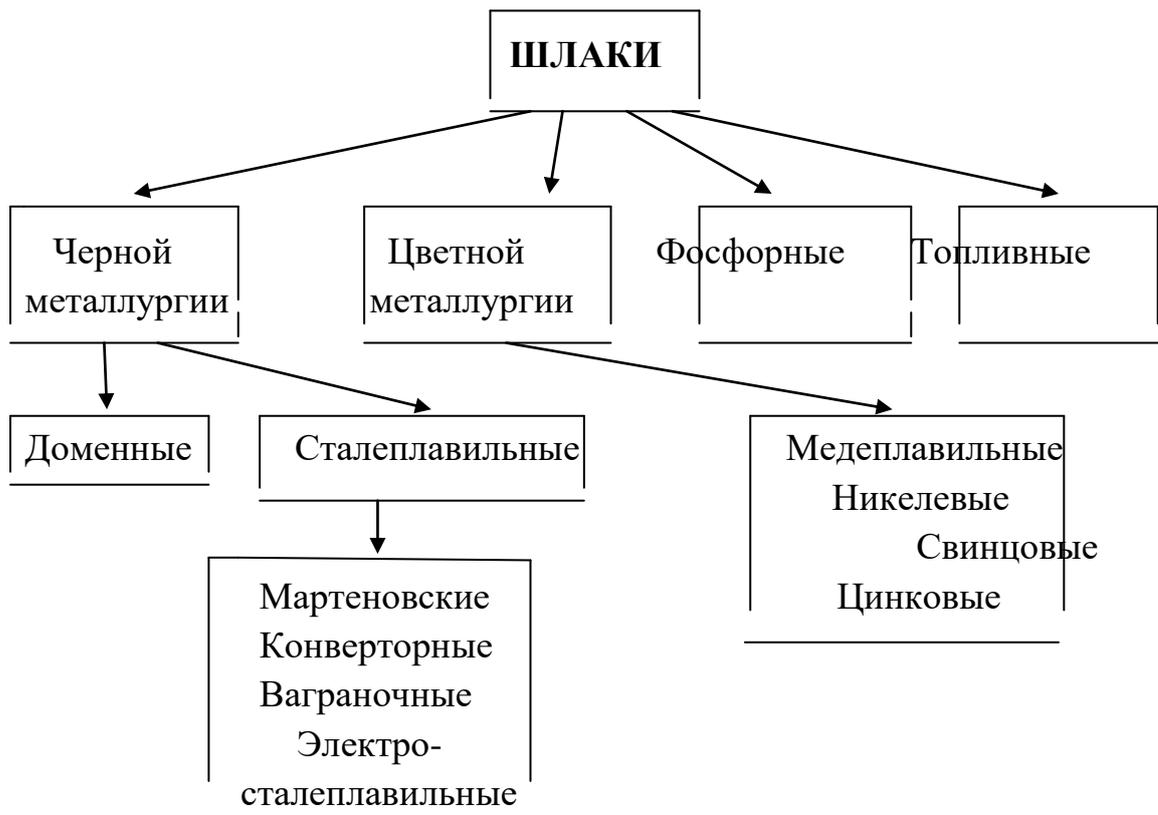


Рис. 6. Классификация шлаков

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 удобрений.

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 кислых.

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 образованием 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°C сливают из домы 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/см³, водопоглощением 0,5 – 2% и морозостойкостью свыше 100 циклов.

Область применения

Из кускового материала 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/см³, 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/см³, 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 фосфорных удобрений, представляет собой куски кристаллической структуры, плотного сложения, светло-серого цвета, не подвержены распаду, средней плотности около 2,9 г/см³ 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 14

Показатели дробимости шлакового щебня

Вид материала	Доменные по ристые	Доменные плотные	Магнетитовые	Металлургические	Конвертерные	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 15

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 16.

Таблица 16

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 17

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/см².

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 складировать, 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 траншеи 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 14 «Материалы и изделия из расплавов»

Стекланные расплавы. Ситаллы.

Стекло представляет собой твердый аморфный сплав силикатов сложного строения. Строительное стекло содержит: SiO_2 – 75 – 80%; CaO – 10 – 15%; Na_2O около 15%. Средняя плотность стекла $2,5 \text{ г/см}^3$, 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°C . 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 дефектов – пузырь, свиль, плоскость и другие.

Пустотелые стекланные 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/см³, 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/см³, 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/см³, 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 4 «Керамические материалы и изделия»

Лекция 15 «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 ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$). В качестве примесей содержатся: полевой шпат, слюда, соединения железа, карбонаты кальция, магнезия 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 пластичность путем введения отошающих 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 отошающие 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

Отошающие материалы вводят в состав глинистых масс для регулирования их пластичности, улучшения сушильных и обжиговых свойств. В качестве отошающих 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 отошающих 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;
- формирование 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/см³.

Средняя плотность керамических материалов изменяется в широких пределах и составляет 0,1 – 2,4 г/см³.

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°С до -20°С. 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 18.

Таблица 18

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 19.

Таблица 19

Показатели качества керамдора

Показатели качества	Марки керамдора		
	I	II	III
Средняя плотность, г/см ³	более 2,2	2,2 – 2,0	2,0 – 1,8
Водопоглощение, % по 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 пораами 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 глиносодержащего 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 5 «Пластмассы и полимерные материалы»

Лекция 16 «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/см³.
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, обтачиваются и свариваются в струе горячего воздуха.
7. Отдельные виды пластмасс (органические стекла) обладают высокой прозрачностью, которая находится в пределах 85 – 94 относительно прозрачности алмаза, принятой за 100.
8. 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:



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 такого строения и отвердевающие при нагревании, называются *термореактивными*. 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 пластмасс, 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 ма-

териалов 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 придается 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 2000x2000 мм толщиной 40 – 50 мм, со средней плотностью 0,06 – 0,22 г/см³ 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/см³ 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 в необходимых случаях отвердителей и пластификаторов.

В зависимости от вида полимерного вяжущего пластмассы подразделяются на термореактивные 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 $0,95 \text{ г/см}^3$, 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^2 . Является отходом производства синтетического каучука.

Эпоксидные смолы в дорожном строительстве применяются для устройства защитных ковриков в местах разрушений и ремонта цементобетонных покрытий. Норма розлива смолы вместе с отвердителем составляет $1,1 - 1,6 \text{ кг/м}^2$. 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	Битумы нефтяные. Метод определения	

-78	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 - 72	Битумы нефтяные. Метод определения изменения массы после прогрева.	
ГОСТ 18329 - 73	Смолы и пластификаторы жидкие. Методы определения плотности.	Изм. 1 ИУС 10-88
ГОСТ 20419 - 83	Материалы керамические электротехнические. Классификация и технические требования.	
ГОСТ 20739 - 75	Битумы нефтяные. Метод определения растворимости.	
ГОСТ 22245 - 90	Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.	
ГОСТ 22263 - 76	Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия.	
ГОСТ 23668 - 79	Камень брусчатый для дорожных покрытий. ТУ	
ГОСТ 25163 - 82	Поверхностно-активные вещества (ПАВ).	
ГОСТ 25607 - 94	Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия.	
	Материалы и изделия полимерные строи-	

ГОСТ 25945 - 98	тельные герметизирующие нетвердеющие. Методы испытаний.	
ГОСТ 26644 - 85	Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.	
ГОСТ 27945 - 95	Установки асфальтосмесительные. Общие технические условия.	
ГОСТ 30491 - 97	Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. ТУ.	
ГОСТ 31015 -2002	Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные. Технические условия.	Поправка БСТ 4-2004, ИУС 8- 2004
ГОСТ Р 52056 - 2003	Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блоксополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия.	
ГОСТ Р 52128 - 2003	Эмульсии битумные дорожные. Технические условия.	
ГОСТ Р 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. Горельшева, 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.

7. Гезенцвей Л.В. «Асфальтобетон из активированных минеральных материалов», М., «Стройиздат», 1971 г., 255 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел 1. Органические вяжущие материалы	
3	
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 поро- ды.....	14

	Лекция 5. Сланцевые битумы. Дегти	
.....		16
	Раздел 2. Асфальтобетон	
.....		21
	Лекция 6. Определение, классификация асфальтобетонов и асфальтобетонных смесей	
.....		21
	Лекция 7. Структура асфальтобетона	
24		
	Лекция 8. Свойства асфальтобетона.....	
26		
	Лекция 9. Требования к исходным материалам для асфальтобетона	
30		
	Лекция 10. Проектирование состава асфальтобетона	
34		
	Лекция 11. Производство асфальтобетонных смесей	
38		
	Лекция 12. Разновидности асфальтобетона, их свойства, особенности	
42		
	Раздел 3. Материалы из расплавов неорганических сырьевых масс	
67		
	Лекция 13. Шлаки	
.....		67
	Лекция 14. Материалы и изделия из расплавов	
.....		75
	Раздел 4. Керамические материалы и изделия	
76		
	Лекция 15. Керамические материалы, производство, свойства, требования к ним	
76		
	Раздел 5. Пластмассы и полимерные материалы	
83		
	Лекция 16. Материалы и изделия из пластмасс	
83		

90	Приложение 1: Перечень действующей нормативной литературы
92	Библиографический список