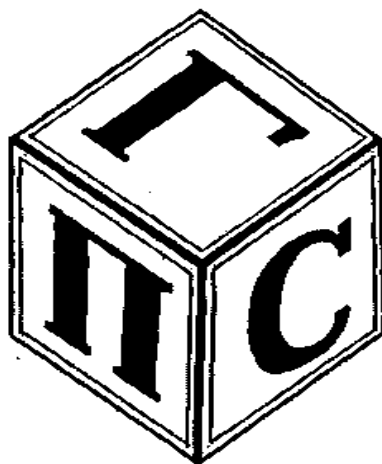


МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

*Методические рекомендации к самостоятельной работе
для студентов специальности 1-70 03 01
«Автомобильные дороги» заочной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 691.3
ББК 38.3
Д 69

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»
«28» октября 2022 г., протокол № 4

Составитель ст. преподаватель Т. С. Латун

Рецензент ст. преподаватель Н. В. Курочкин

Изложены общие методические рекомендации, программа курса, варианты решения задач, дан список литературы по курсу «Дорожно-строительные материалы и изделия», приведены справочные сведения.

Учебно-методическое издание

ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

Ответственный за выпуск	С. В. Данилов
Корректор	Т. А. Рыжикова
Компьютерная верстка	Н. П. Полевничая

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 56 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

Содержание

Введение.....	5
1 Общие сведения.....	6
2 Перечень теоретического материала, необходимого для изучения дисциплины.....	7
2.1 Дорожно-строительное материаловедение – фундаментальная наука прикладного характера.....	7
2.2 Основные свойства строительных материалов.....	8
2.3 Физические, физико-химические и реологические свойства материалов.....	8
2.4 Основы стандартизации и сертификации материалов.....	9
2.5 Повышение качества материалов.....	9
2.6 Горные породы: определение, классификация и состав.....	9
2.7 Нескальные горные породы: понятие, состав, классификация.....	10
2.8 Материалы, получаемые дроблением и обжигом. Дисперсные материалы.....	10
2.9 Способы улучшения качества дисперсных материалов.....	10
2.10 Определение, классификация. Общие требования к минеральным вяжущим материалам.....	11
2.11 Портландцемент.....	11
2.12 Определение, классификация, применение. Структура цементобетона.....	12
2.13 Дорожный цементный бетон. Проектирование состава тяжелого бетона.....	12
2.14 Контроль качества смесей. Свойства цементобетонных смесей.....	12
2.15 Физические свойства бетонов. Классы (марки бетонов) по прочности.....	12
2.16 Железобетон.....	13
2.17 Производство сборного железобетона. Технический контроль.....	13
2.18 Строительные растворы.....	13
2.19 Общие сведения. Классификация органических вяжущих материалов.....	14
2.20 Вязкие нефтяные дорожные битумы, их применение в дорожном строительстве.....	14
2.21 Жидкие нефтяные битумы.....	14
2.22 Получение битумных эмульсий и их применение в дорожном строительстве.....	14
2.23 Общие сведения, классификация. Разновидность асфальтобетона.....	15

2.24	Материалы для асфальтобетона.....	15
2.25	Активационно-технологическая механика асфальтобетона.....	15
2.26	Проектирование состава асфальтобетона.....	15
2.27	Структура и свойства асфальтобетона.....	15
2.28	Битумоминеральные материалы. Классификация.....	15
2.29	Особенности состава, строения и свойств пластических масс.	
Терминология. Классификация полимеров.....		16
2.30	Полимерцементобетон. Пластбетоны. Стеклопластики.....	16
2.31	Теплоизоляционные материалы. Классификация и требования к ним.....	16
2.32	Гидроизоляционные материалы. Классификация и требования к ним.....	17
2.33	Пленочные полимерные материалы.....	17
2.34	Строительные материалы из древесины.....	17
2.35	Металлические материалы.....	17
2.36	Основы теоретического и прикладного материаловедения.....	18
2.37	Активационные технологии дорожных битумоминеральных материалов.....	18
2.38	Нанотехнология в строительном материаловедении.....	18
3	Примеры решения задач.....	18
3.1	Основные свойства строительных материалов и оценка их качества.....	18
3.2	Горные породы как сырье для производства строительных материалов и изделий.....	19
3.3	Минеральные вяжущие вещества	20
3.4	Бетоны и изделия из них.....	23
3.5	Металлические материалы и изделия.....	26
3.6	Строительная керамика.....	27
3.7	Органические вяжущие.....	28
3.8	Асфальтобетон.....	29
3.9	Древесина и строительные материалы. Изделия на основе древесины.....	34
3.10	Полимерные материалы и изделия.....	36
	Список литературы.....	37

Введение

Методические рекомендации используются при изучении дисциплины «Дорожно-строительные материалы и изделия» и составлены в соответствии с типовой программой вузов для строительных специальностей.

Дорожно-строительные материалы широко используются во всех отраслях народного хозяйства. Расширение ассортимента, повышение качества и снижение стоимости дорожно-строительных материалов позволяет получать переработку сырья безотходной, осуществлять технологические процессы при минимальном расходе топливно-энергетических ресурсов.

Инженерам строительного профиля приходится в своей повседневной деятельности разбираться в общепринятой номенклатуре дорожно-строительных материалов, выбирать из уже имеющегося ассортимента материал с учетом его качества, стоимости и условий работы в конкретных инженерных сооружениях. При этом надо иметь представление об основах технологии изготовления материалов, выборе сырья и эффективных процессах его переработки, оценке качества сырья и готовой продукции.

В процессе обучения специалисту необходимо приобрести практические навыки испытания качества исходных материалов, приготовления образцов для испытаний, подбора рационального состава материала цементных и асфальтовых бетонов, растворов и других дорожно-строительных материалов.

1 Общие сведения

Для студентов специальности в программе предусмотрены теоретическая и лабораторная части курса. При изучении дисциплины студентам следует использовать указанную ниже основную и дополнительную литературу, специализированные учебные пособия, журналы и нормативную литературу. В период лабораторно-экзаменационных сессий рекомендуется посещать тематические и установочные лекции. В них излагаются наиболее сложные вопросы теоретического курса и последние данные о современных достижениях науки и производства строительных материалов в нашей стране и за рубежом.

Каждый раздел курса посвящен группе строительных материалов, объединенных по принципу общности сырья, технологии получения, свойств. После проработки соответствующего раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки. Ответы, вызывающие сомнение, следует проверить по учебнику или другой литературе, т. к. последующие вопросы часто исходят из предыдущих ответов. Кроме теоретических знаний, студент должен получить в определенном объеме практические навыки на лабораторных занятиях, проводящихся в период экзаменационной сессии, посещение которых обязательно. Каждая лабораторная работа выполняется в соответствии с лабораторным практикумом, ее результаты записываются в тетрадь, подписываются студентом и утверждаются преподавателем. После выполнения лабораторной работы студенту необходимо ее защитить. К экзамену допускается студент, получивший зачеты по лабораторным работам.

Студент, изучив дисциплину, будет знать:

- материалы, применяемые в конструкциях искусственных сооружений, а также требования, предъявляемые к этим материалам;
- состав, структуру, строение и строительно-технические свойства материалов, а также факторы, влияющие на эти свойства;
- основные технологии получения материалов, контроль качества материалов, получаемых из них изделий и конструкций на различных этапах строительства;
- поведение и стойкость материалов при эксплуатации сооружений, а также способы сохранения и восстановления свойств материалов, позволяющих увеличить их срок службы;
- стоимость материалов и способы, позволяющие экономить материалы при проектировании, строительстве и эксплуатации транспортных сооружений;
- обеспечение техники безопасности и соблюдение вопросов экологии при работе с материалами и в процессе их эксплуатации.

Студент, изучив дисциплину, будет уметь:

- рационально выбирать материал для различных конструкций и сооружений;
- определять основные строительно-технические характеристики материалов путем их испытания;
- оценивать качество и пригодность поступившего материала;
- осуществлять правильное транспортирование и хранение материалов;

- осуществлять контроль качества материала на различных этапах строительного производства;
- предотвращать производственный травматизм и экологический ущерб окружающей среде.

Студент будет иметь представление:

- о применении материала в различных областях строительства;
- о возможности и порядке замены одного материала другим без снижения эксплуатационных характеристик;
- о перспективах совершенствования и модификации материала в процессе его производства, переработки и эксплуатации;
- о перспективах разработки новых и совершенствовании существующих технологий производства строительных материалов;
- о дальнейших задачах и путях создания новых строительных материалов;
- о строительных материалах, применяемых в других странах.

2 Перечень теоретического материала, необходимого для изучения дисциплины

2.1 Дорожно-строительное материаловедение – фундаментальная наука прикладного характера

Цель и задачи дисциплины, её взаимосвязь с другими фундаментальными науками. Материалы, применяемые в дорожном строительстве. Относительная стоимость строительных материалов в общей стоимости строительства.

Потребность в строительных материалах при сооружении строительных объектов. Использование достижений смежных областей знания и фундаментальных наук для научно-технического прогресса в области изготовления и применения строительных материалов.

Этапы развития науки о строительных материалах. История развития строительного материаловедения. Три основных этапа развития науки о дорожно-строительных и строительных материалах.

Инновационные технологии получения дорожно-строительных материалов. Значение строительных материалов в деле уменьшения материалоемкости, трудоемкости и повышения производительности труда в строительстве. Роль сборных облегченных конструкций в дальнейшей индустриализации строительства. Значение синтетических и других новых эффективных материалов. Задачи повышения качества и снижения расхода строительных материалов.

Вопросы охраны природы, рационального использования природных ресурсов и попутных продуктов промышленности, вторичного сырья при изготовлении строительных материалов.

2.2 Основные свойства строительных материалов

Связь состава, структуры и свойств материала. Кристаллическое и аморфное строение материалов. Модели строения и структур строительных материалов. Композиционные строительные материалы. Свойства материалов и их классификация. Физические, механические, химические и технологические свойства материалов. Свойства материалов, характеризующие особенности их физического состояния. Истинная плотность (плотность вещества), средняя плотность, пористость. Значение характера макро- и микропористости. Деформативные свойства: упругость и эластичность. Диаграмма деформаций. Механические свойства, деформативные свойства. Упругость и пластичность. Хрупкость и вязкость, текучесть, ползучесть, релаксация.

Релаксация напряжений. Взаимосвязь напряжений и деформаций. Период релаксации, вязкость тела, модуль упругости, закон Гука, коэффициент Пуассона.

Прочностные свойства. Характеристика прочности. Теоретическая и реальная прочность материалов. Прочность при сжатии, растяжении и изгибе. Методы оценки прочности без разрушения образцов. Особые механические свойства (твердость, истираемость, износостойкость). Модели механических свойств. Межатомные связи.

2.3 Физические, физико-химические и реологические свойства материалов

Физические свойства. Общефизические свойства (истинная, средняя и насыпная плотность материалов, пористость и пустотность насыпных материалов).

Гидрофизические свойства (водопоглощение, влажность, водостойкость, водонепроницаемость, гигроскопичность, морозостойкость). Свойства материалов по отношению к действию воды. Влажность. Гигроскопическое увлажнение. Равновесная влажность. Капиллярная диффузия. Водопоглощение. Водопроницаемость и паропроницаемость. Водостойкость и коэффициент размягчения. Влияние влажности на свойства материалов. Влажностные деформации.

Теплофизические свойства (теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение, огнестойкость, огнеупорность). Свойства материалов по отношению к действию тепла и холода. Теплопроводность и теплоемкость. Зависимость теплопроводности от строения, пористости и влажности материала. Термическая стойкость. Морозостойкость и способы ее оценки. Огнестойкость и огнеупорность.

Акустические свойства: звукопроводность и звукопоглощение. Звукопроводность и звукопоглощение. Звукоизоляция. Шум. Звукоизолирующие материалы.

2.4 Основы стандартизации и сертификации материалов

Стандартизация в строительстве. Система нормативных документов на строительные материалы. Стандарты СТБ, СНИПы, СНБ, сертификаты качества, технические условия. Управление качеством строительных материалов на различных технологических циклах строительства. Новые строительные материалы и рациональные области их применения. Принципы и этапы стандартизации. Роль стандартизации в ускорении научно-технического прогресса.

2.5 Повышение качества материалов

Контроль качества строительных материалов. Повышение качества материалов путем совершенствования методов оценки их свойств и создание новых нормативных документов. Неразрушающие методы контроля прочности материалов. Повышение качества материалов путем применения современных (активационных) технологий.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие основные физико-механические свойства материалов определяют качество материалов и определяют область их применения?
- 2 Какие свойства материалов относят к физическим?
- 3 Что такое истинная и средняя плотности?
- 4 Назовите свойства материалов по отношению к действию воды.
- 5 Как изменяются свойства материалов при изменении их влажности?
- 6 Что называется морозостойкостью материалов? Как она определяется?
- 7 Какие факторы оказывают влияние на теплопроводность материалов?
- 8 Прочностные и деформативные свойства материалов. Как они определяются?
- 9 Что называется химической стойкостью материала и как она зависит от его строения?

2.6 Горные породы: определение, классификация и состав

Классификация горных пород по условиям образования. Породообразующие минералы горных пород, их свойства. Техническая характеристика главных скальных магматических, осадочных и метаморфических горных пород, применяемых при строительстве, ремонте и содержании дорог. Техническая характеристика осадочных рыхлых каменных материалов (гравия, песка) и их применение. Уровень токсичности материалов для окружающей природной среды.

2.7 Нескальные горные породы: понятие, состав, классификация

Способы защиты скальных каменных материалов из карбонатных горных пород от коррозии и разрушения. Методы флюатирования и аванфлюатирования. Метод силикатирования. Сортамент природных каменных материалов и изделий из них, применяемых в дорожном строительстве. Рыхлые каменные материалы: щебень, гравий, песчано-гравийные смеси, песок. Каменные материалы для искусственных сооружений: бутовый камень, шашка, камень для облицовки опор моста, порталов тоннелей, стен станций метрополитена.

Природные каменные материалы – сырье для неорганических строительных материалов. Транспортирование и складирование каменных материалов.

Вопросы для самопроверки

- 1 Как классифицируются горные породы по условиям образования?
- 2 Что называется минералом? Какие породообразующие минералы входят в состав магматических, осадочных и метаморфических горных пород?
- 3 Как образовались магматические горные породы? Какими свойствами они обладают и где используются в строительстве?
- 4 Как образовались осадочные породы? Приведите примеры их использования при производстве строительных материалов.
- 5 В каких условиях образовались метаморфические породы и с какой целью они используются в строительстве?
- 6 Какими способами добывают горные породы и как их обрабатывают?
- 7 Какими способами можно защитить каменные материалы и конструкции из них от разрушения?

2.8 Материалы, получаемые дроблением и обжигом. Дисперсные материалы

Материалы, получаемые дроблением и обжигом. Дисперсные материалы – отходы промышленных производств (шлаки, отходы формовочных смесей литейного производства и др.)

2.9 Способы улучшения качества дисперсных материалов

Способы улучшения качественных дисперсных материалов: грохочение, избирательное дробление, промывка, получение кубовидного щебня, активация поверхности механохимической обработкой. Строительное стекло и стеклокристаллические материалы (ситаллы и шлакоситаллы). Каменное литье.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие строительные материалы и изделия изготавливают из стекломассы?
- 2 Какова общая технологическая схема производства стекла?

3 Что является сырьем для получения стекла?

4 Виды листового стекла.

5 Изделия из стекла (стеклопакеты, стеклопрофилит, стеклоблоки, трубы и др.), их характеристика и область применения.

6 Что такое ситаллы и шлакоситаллы? Для каких целей их применяют?

2.10 Определение, классификация. Общие требования к минеральным вяжущим материалам

Классификация неорганических вяжущих материалов по условиям их твердения. Неорганические вяжущие воздушного твердения: известь воздушная; гипсовые вяжущие вещества; магнезиальные вяжущие вещества; растворимое стекло. Неорганические вяжущие водного твердения: гидравлическая известь, романцементы.

2.11 Портландцемент

Портландцемент, сырье для его получения, технология производства. Химический состав портландцемента. Минералогический состав портландцемента. Особенности состава дорожного портландцемента. Твердение портландцемента. Строительно-технологические свойства портландцемента, деление на марки. Физико-механические свойства портландцемента. Коррозия цементного камня в различных средах и борьба с ней. Пуццолановый портландцемент. Шлакопортландцемент. Глиноземистый цемент. Неорганические вяжущие – отходы промышленных производств. Транспортирование и хранение неорганических вяжущих.

Вопросы для самопроверки

1 Как классифицируются неорганические вяжущие вещества?

2 Какие вяжущие вещества входят в группу воздушных?

3 Из какого сырья и как получают воздушную известь? Какими свойствами она обладает и где используется?

4 Как получают низкообжиговые и высокообжиговые гипсовые вяжущие?

5 Что представляют собой магнезиальные вяжущие вещества? Их производство, свойства и применение.

6 Что представляет собой растворимое стекло и изготавливаемый на его основе кислотоупорный цемент?

7 Какие вещества называют гидравлическими и какие химические соединения придают им способность твердеть во влажных условиях?

8 Из какого сырья получают гидравлическую известь и романцемент?

9 Из каких сырьевых материалов и по какой технологии получают портландцемент?

10 Какой химический и минералогический состав портландцементного клинкера?

11 Какими свойствами обладают цементы и как их определяют?

12 Какие виды коррозии Вы знаете? Назовите мероприятия по борьбе с коррозией.

13 Какие добавки называют активными минеральными и как они влияют на стойкость цемента в воде?

14 Охарактеризуйте специальные виды цементов и область их применения (быстротвердеющий, пластифицированный, глиноземистый, расширяющийся и др.).

2.12 Определение, классификация, применение. Структура цементобетона

Определение, классификация и применение бетонов. Структура цементобетона.

2.13 Дорожный цементный бетон. Проектирование состава тяжелого бетона

Дорожный цементный бетон. Проектирование состава тяжелого бетона. Технологические свойства бетонной смеси. Контроль их качества. Приготовление, укладка и способы уплотнения бетонной смеси.

2.14 Контроль качества смесей. Свойства цементобетонных смесей

Контроль качества смесей. Свойства цементобетонных смесей. Транспортирование бетонных смесей. Укладка бетонной смеси. Твердение бетона и уход за ним.

2.15 Физические свойства бетонов. Классы (марки бетонов) по прочности

Физические свойства бетонов. Виды пор, их влияние на свойства бетонов. Зависимость прочности бетонов от марки цемента, водоцементного отношения и качества заполнителей. Однородность бетона и ее значение. Классы (марки бетонов) по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости. Легкие бетоны. Определение. Легкие бетоны на пористых заполнителях. Крупнозернистые (беспесчаные) бетоны. Ячеистые бетоны (газобетон, пенобетон). Бетоны специального назначения: дорожный цементобетон, жароупорный, гидротехнический, кислотоупорный, бетон для защиты от радиации. Понятие о торкретбетоне. Коррозия бетона и меры защиты от нее. Силикатные бетоны. Улучшение свойств цементных бетонов.

2.16 Железобетон

Понятие о железобетоне как о композиционном материале. Совместная работа бетона и стальной арматуры. Предварительно напряженный железобетон.

2.17 Производство сборного железобетона. Технический контроль

Производство сборного железобетона. Коррозия железобетона и защита от нее. Технический контроль, транспортирование и хранение железобетонных изделий.

2.18 Строительные растворы

Определение, назначение и классификация строительных растворов. Растворы для каменных кладок и изготовления крупных элементов стен и их монтаж. Отделочные растворы. Специальные растворы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Из каких материалов изготавливают цементный бетон и железобетон?
- 2 Какие требования предъявляются к заполнителям для бетонов?
- 3 Каковы основные свойства бетонной смеси и бетона?
- 4 Какие факторы влияют на прочность бетона?
- 5 Как определяется класс бетона?
- 6 Как готовятся, транспортируются и уплотняются бетонные смеси?
- 7 Как осуществляется уход за бетоном?
- 8 Расскажите о способах зимнего бетонирования.
- 9 Что представляет собой тепловлажностная обработка бетона и для чего она осуществляется?
- 10 Какие добавки используют в бетонах и каково их назначение?
- 11 Из каких технологических операций состоит процесс изготовления железобетонных изделий?
- 12 Какими способами армируют железобетон?
- 13 Какие специальные виды бетона Вы знаете?
- 14 Какие бетоны называют легкими? Их разновидности.
- 15 Какие материалы применяют для изготовления легких бетонов?
- 16 Из каких материалов изготавливают пенобетон, пеносиликат, газобетон, газосиликат? Для каких целей используют эти бетоны в строительстве?
- 17 В чем отличие строительного раствора от бетона?
- 18 Как классифицируются строительные растворы?
- 19 От чего зависит прочность раствора и какой формулой выражается эта зависимость?
- 20 Какими свойствами обладают растворные смеси и растворы?
- 21 Какие добавки используются в растворах?
- 22 Специальные растворы.

2.19 Общие сведения. Классификация органических вяжущих материалов

Определение. Классификация и применение органических вяжущих. Состав и структура битумов.

2.20 Вязкие нефтяные дорожные битумы, их применение в дорожном строительстве

Основные физико-механические свойства нефтяных вязких дорожных битумов. Состав и строение битумов. Технология получения вязких дорожных битумов и их модифицирование различными добавками и нереагентными методами (ультразвук, электрогидравлический метод, метод обработки в аппаратах вихревого слоя).

2.21 Жидкие нефтяные битумы

Получение и классификация. Вяжущие получаемые из каменного угля (смолы, пеки, дегти). Вяжущие из сланцев (сланцевые смолы и битумы). Вяжущие, получаемые из торфа. Вяжущие, получаемые из древесины. Отверждение органических вяжущих веществ. Перевозка, выгрузка, хранение. Технический контроль качества, техника безопасности и охрана труда. Синтетические вяжущие: карбамидные смолы, фенолформальдегидные смолы, фурановые смолы, полиэфирные смолы, эпоксидные смолы, кремний-органические смолы (силиконы). Синтетические латексы. Дивинилстирольные латексы.

2.22 Получение битумных эмульсий и их применение в дорожном строительстве

Битумные эмульсии. Определение, состав, структура. Получение битумных эмульсий и их применение в дорожном строительстве. Новые материалы и технологии для защиты дорожных покрытий с применением битумных эмульсий.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какой материал называют битумом? В каком виде он встречается в природе и как его добывают?
- 2 Назовите виды битумов по способу производства.
- 3 Какими показателями характеризуется качество битумов?
- 4 Какой материал называют дегтем, из какого сырья он получается?
- 5 Что такое асфальтовые и дегтевые бетоны? Перечислите их разновидности.

6 Какие Вы знаете кровельные и гидроизоляционные материалы? Как они изготавливаются и где применяются?

7 Из каких компонентов изготавливают мастики и эмульсии?

2.23 Общие сведения, классификация. Разновидность асфальтобетона

Асфальтобетон – основной конструкционный материал для устройства покрытий автомобильных дорог. Классификация асфальтобетона. Разновидности асфальтобетона: литой и дренирующий. Конструкции дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями.

2.24 Материалы для асфальтобетона

Минеральные материалы: щебень, гравий, песок, минеральный порошок. Показатели свойств и требования к ним. Битумы (марки). Требования к вязким битумам для верхнего слоя дорожного покрытия. ПАВ и активаторы.

2.25 Активационно-технологическая механика асфальтобетона

Подготовка минеральных материалов (обогащение, активация). Технический контроль материалов на асфальтобетонном заводе АБЗ.

2.26 Проектирование состава асфальтобетона

Проектирование минеральной части асфальтобетона. Рекомендуемые зерновые составы асфальтобетонных смесей для верхних и нижних слоев покрытий и оснований. Рекомендуемые расходы битума. Расчет состава асфальтобетона.

2.27 Структура и свойства асфальтобетона

Основные положения. Структурные уровни асфальтобетона по размеру частиц компонентов. Структура минерального состава асфальтобетона. Структура битума в асфальтобетоне. Контактная адгезия между минеральными частицами и битумом.

2.28 Битумоминеральные материалы. Классификация

Битумоминеральные материалы, получаемые методом смешения на дороге. Битумоминеральные материалы, получаемые смешением в установке. Укрепленные грунты. Смесии битумопесчаные. Битумоминеральные материалы, получаемые методом пропитки. Черный щебень. Битумоминеральные материалы, получаемые при поверхностной обработке. Влажные органоминеральные смеси (ВОМС).

2.29 Особенности состава, строения и свойств пластических масс. Терминология. Классификация полимеров

Особенности состава, строения и свойств пластических масс. Терминология. Классификация полимеров. Состав и свойства связующего вещества. Наполнители и другие компоненты.

2.30 Полимерцементобетон. Пластбетоны. Стеклопластики

Полимерцементобетон. Пластбетоны на терморезактивных смолах. Пластбетоны на термопластичных смолах. Стеклопластики. Цветные маркировочные мастики для дорожных покрытий (материалы для разметки автомобильных дорог). Лакокрасочные материалы. Акустические материалы.

Вопросы для самопроверки

- 1 Из какого сырья получают полимеры?
- 2 Каково строение и свойства высокомолекулярных соединений (полимеров)?
- 3 Какие полимеры называют термопластичными и терморезактивными?
- 4 Какую реакцию называют полимеризацией и какую – поликонденсацией?
- 5 Как классифицируются полимеры?
- 6 Что называется пластмассой?
- 7 Какие виды наполнителей используются в пластмассах?
- 8 Способы производства изделий из пластмасс.
- 9 Применение пластмасс в строительстве.

2.31 Теплоизоляционные материалы. Классификация и требования к ним

Общий характер строения теплоизоляционных материалов и основные требования к ним; общие сведения о свойствах и марках. Классификация по структуре, форме, виду основного сырья, сжимаемости, плотности и теплопроводности.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какое назначение теплоизоляционных материалов? Как они классифицируются?
- 2 Назовите важнейшие органические и неорганические теплоизоляционные материалы.
- 3 По какой технологии изготавливают минеральную и стеклянную вату?
- 4 Как изготавливают пенопласты? В чем их преимущество перед другими теплоизоляционными материалами?

2.32 Гидроизоляционные материалы. Классификация и требования к ним

Общий характер строения гидроизоляционных материалов и основные требования к ним; общие сведения о свойствах и марках. Классификация по структуре, форме, виду основного сырья.

2.33 Пленочные полимерные материалы

Применение пленок и пленкообразующих веществ и клеев в дорожном строительстве. Пленочные полимерные материалы. Текстильные материалы как армирующие, дренирующие и фильтрующие элементы. Материалы для заделки деформационных швов цементобетонных покрытий. Геосинтетические материалы как эффективная арматура в дорожных асфальтобетонных покрытиях.

2.34 Строительные материалы из древесины

Строение и свойства древесины. Главнейшие древесные породы. Пороки древесины. Предохранение древесины от загнивания. Защита древесины от огня. Заготовка и сушка древесины. Материалы и изделия из древесины. Модифицирование древесины.

Вопросы для самопроверки

- 1 Какие положительные и отрицательные качества древесины как строительного материала Вы знаете?
- 2 Объясните микро- и макростроение древесины.
- 3 Какое влияние на свойства древесины оказывают ее строение, влажность и наличие пороков?
- 4 Какие пороки древесины Вы знаете?
- 5 Виды материалов и изделий из древесины, используемых в строительстве.
- 6 Как защитить древесину от загнивания и возгорания?

2.35 Металлические материалы

Общие сведения. Состав, структура и свойства металлов. Металлические изделия. Арматура железобетонных конструкций. Арматурные изделия. Металлические профили. Металлургия чёрных металлов (чугун, стали), схема получения чугуна, стали и изделий из них.

Механические свойства сталей. Обработка металлов. Термическая и химико-термическая обработка сталей. Цветные металлы и сплавы. Обработка металлов давлением и резанием. Сварка и резка металлов, коррозия металлов и методы защиты.

Вопросы для самопроверки

- 1 Что такое сталь и чугун? Основные их виды.
- 2 Как получают чугун и какие изделия из него используются в строительстве?
- 3 Как получают сталь? Какими способами можно улучшить свойства стали?
- 4 Легированные стали и их классификация.
- 5 Какие меры защиты стали от коррозии чаще всего применяют?
- 6 Какие цветные металлы и сплавы используют в строительстве?

2.36 Основы теоретического и прикладного материаловедения

Основы теоретического и прикладного материаловедения. Получение и применение эффективных строительных материалов – система комплексных физико-химических процессов. Повышение качества строительных материалов и обеспечение ресурсосбережения как основа повышения ВВП государства.

2.37 Активационные технологии дорожных битумоминеральных материалов

Общая рабочая гипотеза активации компонентов дорожных композиционных материалов. Теоретические предпосылки усиления межфазных контактных связей в системе «SiO₂ – органическое вяжущее».

2.38 Нанотехнология в строительном материаловедении

Особенности свойств наноматериалов. Получение наноматериалов. Наноструктурные элементы.

3 Примеры решения задач

3.1 Основные свойства строительных материалов и оценка их качества

Задача 1. Масса образца горной породы в сухом состоянии 210 г. После выдерживания в течение 48 ч в воде масса увеличилась до 225 г. После высушивания и насыщения водой под давлением масса была 232 г. Истинная плотность горной породы составляет $\rho = 2780 \text{ кг/м}^3$, а средняя плотность $\rho_o = 2000 \text{ кг/м}^3$. Определить пористость, водопоглощение и водонасыщение по массе и объему. Дать заключение по морозостойкости.

Решение

Водопоглощение по массе

$$B_m = \frac{225 - 210}{210} \cdot 100 = 7,1 \%$$

Водопоглощение по объему

$$B_o = B_m \cdot \rho_o = 7,1 \cdot \frac{2000}{1000} = 14,2 \%$$

Водонасыщение по массе

$$B'_m = \frac{232 - 210}{210} \cdot 100 = 10,5 \%$$

Водонасыщение по объему

$$B'_o = 10,5 \cdot \frac{2000}{1000} = 21 \%$$

Пористость породы

$$P = \left(1 - \frac{\rho_o}{\rho}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{2000}{2780}\right) \cdot 100 = 28,1 \%$$

Водопоглощение по объему, равное 14,2 %, составляет 67,7 % объема открытых пор (21 %), что меньше 90 %. Поэтому морозостойкость породы удовлетворительна.

3.2 Горные породы как сырье для производства строительных материалов и изделий

Задача 2. Образец известняка неправильной формы при испытании на раскол между двумя взаимно направленными стержнями разделился на две части при разрушающем усилии 48,8 кН. Поверхность разрушения в виде трапеции имеет такие размеры: $a = 8,5$ см; $b = 12,0$ см; $h = 6,0$ см. Найти прочность при расколе и марку известняка.

Решение

$$R_{\text{раск}} = \frac{F}{A} = \frac{48800}{0,5(0,085 + 0,12) \cdot 0,06} = 7,94 \text{ МПа.}$$

Предел прочности при сжатии

$$R_{сж} = \varphi \cdot R_{раск},$$

где φ – коэффициент, для известняка $\varphi = 10$.

Тогда

$$R_{сж} = 10 \cdot 7,94 = 79,4 \text{ МПа.}$$

Таким образом, марка известняка – 800.

Задача 3. При испытании на сжатие образца кубика осадочной породы со стороной $a = 5$ см максимальная разрушающая нагрузка $F = 220$ кН. Определить предел прочности при сжатии и марку горной породы.

Решение

Предел прочности при сжатии

$$R_{сж} = \frac{F}{A} = \frac{220 \cdot 10^3}{0,05 \cdot 0,05} = 88 \text{ МПа.}$$

Марка горной породы – 800.

3.3 Минеральные вяжущие вещества

Задача 4. Сколько комовой извести («кипелки») можно получить при обжиге 25 т чистого известняка с влажностью 10 %?

Решение

Определяем массу сухого известняка после обжига:

$$m = 25000 \cdot (1 - 0,1) = 22500 \text{ кг.}$$

Реакция разложения известняка



Молекулярные массы веществ

$$100 = 56 + 44.$$

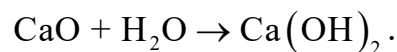
Масса извести, полученная из 22,5 т,

$$m = 22,500 \cdot \frac{56}{100} = 12,6 \text{ т.}$$

Задача 5. Какой объем известкового теста будет получен при гашении 2 т негашеной извести, если ее активность составляет 81 %, а содержание воды в тесте равно 50 %, средняя плотность известкового теста – 1420 кг/м³?

Решение

Образование гашеной извести происходит в соответствии с реакцией



Так как активность извести составляет 81 %, то в реакцию вступает

$$\text{CaO} = \frac{2000 \cdot 81 \%}{100 \%} = 1620 \text{ кг.}$$

По уравнению реакции, зная молекулярные массы и массу вещества, вступившего в реакцию, можно найти массу полученного вещества ($M(\text{CaO}) = 56$; $M(\text{Ca}(\text{OH})_2) = 74$):

$$\text{Ca}(\text{OH})_2 = \frac{1620 \cdot 74}{56} = 2140,7 \text{ кг.}$$

Выход $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с учетом примесей

$$m_{\text{и+прим}} = 2140,7 + \left(\frac{2000 \cdot 19 \%}{100 \%} \right) = 2520,7 \text{ кг.}$$

В известковом тесте известь и вода составляют по 50 %, тогда масса теста

$$m_{\text{теста}} = 2520,7 \cdot 2 = 5041,4 \text{ кг.}$$

Объем известкового теста

$$V_{\text{теста}} = \frac{5041,4}{1420} = 3,55 \text{ м}^3.$$

Задача 6. Сколько полуводного (строительного) гипса можно получить после термической обработки 5 т гипсового камня $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$?

Решение



Молекулярные массы этих соединений: $M(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) = 172$; $M(\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}) = 145$. Тогда масса полуводного гипса

$$\frac{5000 \cdot 145}{172} = 4215 \text{ кг} = 4,2 \text{ т}.$$

Задача 7. Содержание воды в тесте из шлакопортландцемента – 42 %, для прохождения реакций гидролиза и гидратации требуется 18 % воды. Истинная плотность цемента – 2950 кг/м³. Определить пористость цементного камня.

Решение

Пористость цементного камня определяется по формуле

$$V_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{V_{\text{ц.к}}}{V_{\text{ц.т}}} \right) \cdot 100 \text{ \%}.$$

Абсолютный объем, занимаемый цементным тестом, можно рассчитать, задавшись массой цемента (например, 1000 кг):

$$V_{\text{ц.т}} = \frac{m_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{m_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{1000}{2950} + \frac{420}{1000} = 0,76 \text{ м}^3.$$

Абсолютный объем, занимаемый цементным камнем,

$$V_{\text{ц.к}} = \frac{m_{\text{ц}}}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{m_{\text{в.з}}}{\rho_{\text{в}}} = \frac{1000}{2950} + \frac{180}{1000} = 0,52 \text{ м}^3.$$

Тогда пористость

$$V_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{0,52}{0,76} \right) \cdot 100 \text{ \%} = 32 \text{ \%}.$$

Задача 8. При испытании образцов-балочек размером 40 × 40 × 160 мм в возрасте 7 сут показатели предела прочности при изгибе равны 3,6; 3,4 и 3,0 МПа. Среднеарифметическое значение четырех наибольших показателей при сжатии составило 29,6 МПа. Определить марку цемента.

Решение

Так как за показатель прочности при изгибе принимается среднеарифметическое значение двух наибольших показателей, то предел прочности при изгибе в возрасте 7 сут

$$R_{изг} = \left(\frac{3,4 + 3,6}{2} \right) = 3,5 \text{ МПа.}$$

Цементный камень набирает прочность в возрасте 28 сут, зависимость между маркой цемента и пределом прочности образцов в возрасте 7 сут имеет логарифмический характер:

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n};$$

$$R_{изг 28} = R_{изг 7} \frac{\lg 28}{\lg 7} = 3,5 \cdot \frac{1,447}{0,846} = 6,0 \text{ МПа;}$$

$$R_{см 28} = R_{см 7} \frac{\lg 28}{\lg 7} = 29,6 \cdot \frac{1,447}{0,846} = 51 \text{ МПа.}$$

Полученным результатам соответствует марка цемента 500.

3.4 Бетоны и изделия из них

Задача 9. Определить прочность бетона, если на 1 м³ бетонной смеси расходуется 300 кг цемента, 150 л воды; активность цемента – 45 МПа; заполнители – рядового качества.

Решение

Прочность бетона определяется по формуле

$$R_{\sigma} = A \cdot R_y \left(\frac{Ц}{B} - 0,5 \right),$$

где A – коэффициент, учитывающий качество заполнителя: пониженного качества $A = 0,55$; рядовые $A = 0,6$; высококачественные $A = 0,65$;

R_y – активность цемента, МПа;

$Ц, B$ – расход цемента и воды соответственно.

$$R_{\bar{o}} = 0,6 \cdot 45 \cdot \left(\frac{300}{150} - 0,5 \right) = 40,5 \text{ МПа.}$$

Задача 10. Определить расход материалов на 1 м³ бетона и на один замес бетоносмесителя вместимостью 1200 л, если его состав по массе выражается соотношением 1 : 2 : 4 при $B/C = 0,5$ и средняя плотность бетонной смеси 2480 кг/м³. Насыпные плотности цемента – 1300 кг/м³, песка – 1400 кг/м³, щебня – 1500 кг/м³.

Решение

Расход цемента на 1 м³ бетона

$$C = \frac{\rho_{\bar{o}.c.}}{(1 + 2 + 4 + 0,5)} = 330 \text{ кг.}$$

Тогда расход других компонентов:

- песка $P = 330 \cdot 2 = 660$ кг;
- щебня $Ш = 330 \cdot 4 = 1320$ кг;
- воды $B = 330 \cdot 0,5 = 165$ л.

Для определения расхода материалов на один замес бетоносмесителя необходимо знать коэффициент выхода бетона:

$$\beta = \frac{V_{\bar{o}}}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}} = \frac{V_{\bar{o}}}{\frac{C}{\rho_{н.ц.}} + \frac{P}{\rho_{н.п.}} + \frac{Ш}{\rho_{н.щ.}}} = \frac{1}{\frac{330}{1300} + \frac{660}{1400} + \frac{1320}{1500}} = 0,63.$$

Расходы материалов на один замес бетоносмесителя объемом 1,2 м³:

$$C' = C \cdot \beta \cdot V_{\bar{o}.c.} = 330 \cdot 0,63 \cdot 1,2 = 249,5 \text{ кг;}$$

$$P' = P \cdot \beta \cdot V_{\bar{o}.c.} = 660 \cdot 0,63 \cdot 1,2 = 499 \text{ кг;}$$

$$Ш' = Ш \cdot \beta \cdot V_{\bar{o}.c.} = 1320 \cdot 0,63 \cdot 1,2 = 998 \text{ кг;}$$

$$B' = B \cdot \beta \cdot V_{\bar{o}.c.} = 165 \cdot 0,63 \cdot 1,2 = 124,7 \text{ л.}$$

Задача 11. Лабораторный состав бетона (на 1 м³): цемент – 360 кг, песок – 580 кг, щебень – 1330 кг, вода – 180 л. В производственных условиях влажность песка составляет 2 %, щебня – 1,5 % по массе. Определить производственный состав бетона.

Решение

Количество цемента в производственных условиях

$$Ц_n = Ц = 360 \text{ кг.}$$

Для сохранения прочности бетона необходимо откорректировать состав с учетом влажности заполнителей:

$$B_n = B - \left(\frac{\Pi \cdot W_n}{100} + \frac{\text{Щ} \cdot W_{\text{щ}}}{100} \right) = 180 - (12 + 40) = 128 \text{ л;}$$

$$\Pi_n = \Pi + \frac{\Pi \cdot W_n}{100} = 580 + 12 = 592 \text{ кг;}$$

$$\text{Щ}_n = \text{Щ} + \frac{\text{Щ} \cdot W_{\text{щ}}}{100} = 1330 + 40 = 1370 \text{ кг.}$$

Задача 12. Определить модуль крупности песка и его пустотность, если частные остатки на ситах $a_{2,5} = 8,6 \%$; $a_{1,25} = 20,4 \%$; $a_{0,63} = 32 \%$; $a_{0,315} = 20 \%$; $a_{0,16} = 13 \%$; истинная плотность песка – 2680 кг/м^3 ; насыпная плотность – 1560 кг/м^3 .

Решение

Определение полных остатков на ситах:

$$A_{2,5} = a_{2,5} = 8,6 \%;$$

$$A_{1,25} = a_{2,5} + a_{1,25} = 8,6 + 20,4 = 29 \%;$$

$$A_{0,63} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} = 8,6 + 20,4 + 32 = 61 \%;$$

$$A_{0,315} = A_{0,63} + a_{0,315} = 61 + 20 = 81 \%;$$

$$A_{0,16} = A_{0,315} + a_{0,16} = 81 + 13 = 94 \% .$$

Модуль крупности

$$M = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100};$$

$$M = \frac{8,6 + 29 + 61 + 81 + 94}{100} = 2,73.$$

Следовательно, песок крупнозернистый.

Пустотность песка

$$П = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_u}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{1560}{2680}\right) \cdot 100 = 41,8 \text{ \%}.$$

3.5 Металлические материалы и изделия

Задача 13. Образец углеродистой стали испытывали на твердость по Бринеллю шариком $D = 10$ мм под нагрузкой $P = 3000$ кг. Получены три отпечатка диаметром 5,09; 5,15; 5,12 мм. Определить предел прочности (временное сопротивление разрыву) стали при растяжении и марку стали.

Решение

Среднее значение отпечатков $d_{cp} = 5,12$ мм.

Число твердости по Бринеллю определяется по формуле

$$HB = \frac{P}{F},$$

где P – нагрузка, кг;

F – площадь отпечатка, мм²,

$$F = 0,5\pi D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2}) = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot (10 - \sqrt{10^2 - 5,12^2}) = 22 \text{ мм}^2.$$

Тогда

$$HB = \frac{3000}{22} = 136 \text{ кг/мм}^2.$$

Предел прочности при растяжении

$$\sigma_g = 0,36 \cdot HB = 0,36 \cdot 136 = 48 \text{ кг/мм}^2 \text{ (480 МПа)}.$$

Это соответствует марке стали Ст3.

3.6 Строительная керамика

Задача 14. Необходимо изготовить 1000 шт. пустотелых керамических камней со средней плотностью 1480 кг/м^3 . Средняя плотность глины – 1700 кг/м^3 , ее влажность – 16 %, потери при прокаливании составляют 6 % от массы сухой глины. Во время изготовления, погрузки и выгрузки камней допускается 2 % брака. Сколько потребуется глины по массе и объему?

Решение

Количество камней с учётом брака

$$n_{\text{камень}} = 1000 + \frac{2\% \cdot 1000}{100} = 1020 \text{ шт.}$$

Объем пустотелых керамических камней

$$V_{\text{камень}} = 1020 \cdot 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,138 = 4,223 \text{ м}^3.$$

Масса камней

$$m_{\text{камень}} = 4,223 \cdot 1480 = 6250 \text{ кг.}$$

Масса глины с учетом потерь при прокаливании

$$m_{\text{гл}} = 6250 + \frac{6\% \cdot 6250}{100} = 6625 \text{ кг.}$$

Масса влажной глины

$$m_{\text{вл.гл}} = 6625 + \frac{16\% \cdot 6625}{100} = 7685 \text{ кг.}$$

Объем глины

$$V_{\text{гл}} = \frac{7685}{1700} = 4,5 \text{ м}^3.$$

Задача 15. Влажность глины – 12 %, потери при прокаливании – 10 % от массы сухой глины. Средняя плотность керамического кирпича, изготовленного из нее, – 1700 кг/м^3 . Какое количество кирпича можно получить из 10 т глины?

Решение

Масса сухой глины

$$m_{\text{гл}} = \frac{10000}{1,12} = 8929 \text{ кг.}$$

Масса глины с учетом потерь при прокаливании

$$m'_{\text{гл}} = \frac{8929}{1,1} = 8117 \text{ кг.}$$

Объем одного кирпича

$$V = 0,25 \cdot 0,12 \cdot 0,065 = 0,00195 \text{ м}^3.$$

Масса одного кирпича

$$m = V \cdot \rho = 0,00195 \cdot 1700 = 3,315 \text{ кг.}$$

Количество кирпича

$$n = \frac{8117}{3,315} = 2448 \text{ шт.}$$

3.7 Органические вяжущие

Задача 16. Подобрать состав компаундированного битума с температурой плавления 70° из двух марок битума с температурой плавления 45° и 90° .

Решение

Количество битума с температурой плавления 90°

$$B_{90} = \frac{70 - 45}{90 - 45} \cdot 100 = 55,6 \text{ \%}.$$

Количество битума с температурой плавления 45°

$$B_{45} = 100 - 55,6 = 44,4 \text{ \%}.$$

3.8 Асфальтобетон

Задача 17. Произвести расчет зернового состава минеральной части асфальтобетона со средней плотностью $2,4 \text{ г/см}^3$ при следующих исходных данных (таблица 3.1).

Определить оптимальное количество битума в асфальтобетоне для данной минеральной смеси, если:

– щебень гранитный, фракционированный (5...20 мм); насыпная плотность – 1580 кг/м^3 ; истинная плотность – 2800 кг/м^3 ;

– песок природный; зерновой состав – см. таблицу 3.1 (графа 4); насыпная плотность – 1500 кг/м^3 ; истинная плотность – 2780 кг/м^3 ;

– минеральный порошок – известняковый, неактивированный; зерновой состав порошка – см. таблицу 3.1 (графа 5); истинная плотность – 3070 кг/м^3 ;

– битум марки БНД 60/90 с плотностью 900 кг/м^3 .

Таблица 3.1 – Исходные данные по зерновому составу

Размер отверстий на ситах, мм	Просев, %			
	Требуемый состав	Исходный состав		
		Щебень (100 %)	Песок (100 %)	Минеральный порошок (100 %)
1	2	3	4	5
20	95...100	100	100	100
5	72...88	0	100	100
2,5	50...5	0	74	100
1,25	35...48	0	38	97
0,63	20...29	0	21	92
0,315	14...22	0	12	85
0,14	9...16	0	7	82
0,071	6...12	0	2	71
Менее 0,071	–	0	0	0

Решение

В графу 2 таблицы 3.2 переписываем графу 2 таблицы 3.1. При заполнении таблицы 3.2 графу 3 необходимо учесть, что максимальную крупность (диаметр до 20 мм) имеет щебень, поэтому частиц крупнее 20 мм в минеральной части не будет, а следовательно, частиц диаметром 20 мм в просевах будет 100 % (записываем это число в графе 3 строке 1 таблицы 3.2).

При заполнении остальных строчек графы 3 таблицы 3.2 необходимо построчно посчитать среднее значение предела указанного в графе 2 таблицы 3.2.

Графы 4–6 заполняем в соответствии с таблицей 3.1, пересчитывая просевы на частные остатки в процентах.

Таблица 3.2 – Расчет состава минеральной части асфальтобетона

Размер отверстий на ситах, мм	Требуемый зерновой состав (просевы)		Зерновой состав												Номер строки
			Исходный материал						Запроектированная смесь						
			Частные остатки, %						Сумма частных остатков, %	Полный остаток, %	Просев,%				
			Ще- бель	Пе- сок	Мине- ральный порошок	Ще- бель	Пе- сок	Мине- ральный порошок							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13		
20	95...100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	100	1	1		
5	72...88	80	100	0	0	20	0	0	20	20	80	2	2		
2,5	50...66	58	0	26	0	0	17,5	0	17,5	37,5	62,5	3	3		
1,25	34...48	41	0	36	3	0	24,2	0,38	24,58	62,08	37,92	4	4		
0,63	20..28	24	0	17	5	0	11,4	0,64	12,04	74,12	25,88	5	5		
0,315	14...22	18	0	9	7	0	6,1	0,88	6,98	81,1	18,9	6	6		
0,14	8...16	12	0	5	3	0	3,4	0,38	3,78	84,88	15,12	7	7		
0,071	6...12	9	0	5	11	0	3,4	1,4	4,8	89,68	10,32	8	8		
Менее 0,071	–	–	0	2	71	0	1,3	9,02	10,32	100	0	9	9		
Итого	–	–	100	100	100	20	67,3	12,7	100	–	–	10	10		

Требуемое содержание зерен щебня фракции 5...20 мм.

$$Щ = 100 - \text{Гр. 3 стр. 2} = \text{Гр. 7 стр. 2}$$

где *Гр. 3* и *Гр. 7* – графы 3 и 7 таблицы 3.2;
стр. 2 – строка 2 таблицы 3.2;

$$Щ = 100 - 80 = 20 \text{ \%}.$$

Заносим данное значение в графу 7 строки 10 таблицы 3.2. Требуемое среднее содержание в минеральной части асфальтобетона частиц мельче 0,071 мм составляет 9 % (см. таблицу 3.2 графа 3 строка 8), а содержание этих частиц в исходном минеральном порошке – 71 % (см. таблицу 3.2 графа 6 строка 9).

В соответствии с формулой требуемое содержание минерального порошка

$$МП = \frac{\text{Гр. 3 стр. 8}}{\text{Гр. 6 стр. 9}} \cdot 100 = \text{Гр. 9 стр. 10},$$

где *Гр. 3*, *Гр. 6*, *Гр. 9* – графы 3, 6 и 9 таблицы 3.2;
стр. 8, *стр. 9*, *стр. 10* – строка 8, 9 и 10 таблицы 3.2;

$$МП = \frac{9}{71} \cdot 100 = 12,7 \text{ \%}.$$

Значение 12,7 % заносим в таблицу 3.2 (графа 9, строка 10).

Требуемое содержание песка в минеральной части асфальтобетона

$$П = 100 - (\text{Гр. 9 стр. 10} + \text{Гр. 7 стр. 10}) = 100 - (20 + 12,7) = 67,3 \text{ \%}.$$

Значение 67,3 % заносим в таблицу 3.2 (графа 8, строка 10)

В соответствующие строки граф 8 и 9 занесены результаты определения содержания каждой фракции песка и минерального порошка по 5 и 6 графам. Например:

$$\text{Гр. 8 стр. 3} = \frac{\text{Гр. 5 стр. 3} \cdot \text{Гр. 8 стр. 10}}{\text{Гр. 5 стр. 10}} = \frac{26 \cdot 67,3}{100} = 17,5 \text{ \%},$$

$$\text{Гр. 9 стр. 4} = \frac{\text{Гр. 6 стр. 4} \cdot \text{Гр. 9 стр. 10}}{\text{Гр. 6 стр. 10}} = \frac{3 \cdot 12,7}{100} = 0,38 \text{ \%}.$$

Проверка: сумма данных граф 7–9 (по вертикали) должна равняться строке «Итого» соответствующих граф.

Содержание каждой фракции в минеральной части асфальтобетона

определено суммированием содержания данной фракции в щебне, песке и минеральном порошке, т. е. суммированием построчно данных в графах 7–9. Результаты записаны в графе 10 (как частные остатки на соответствующих ситах).

Полные остатки на ситах (графа 11) вычислены суммированием частных остатков на данном сите и на всех ситах с отверстиями большего размера.

$$\text{Гр. 11 стр. 2} = \text{Гр. 11 стр.1} + \text{Гр. 10 стр. 2} = 0 + 20 \% .$$

$$\text{Гр. 11 стр. 3} = \text{Гр. 11 стр.2} + \text{Гр. 10 стр. 3} = 20 + 17,5 = 37,5 \% .$$

$$\text{Гр. 11 стр. 4} = \text{Гр.11 стр.3} + \text{Гр. 10 стр. 4} = 37,5 + 24,58 = 62,08 \% .$$

По полным остаткам на ситах (графа 11) определены просевы (графа 12) – разности 100 % и полных остатков.

$$\text{Гр. 12 стр. 1} = 100 - \text{Гр. 11 стр. 1} = 100 - 0 = 100 \% .$$

$$\text{Гр. 12 стр. 2} = 100 - \text{Гр. 11 стр. 2} = 100 - 20 = 80 \% .$$

$$\text{Гр. 12 стр. 3} = 100 - \text{Гр. 11 стр. 3} = 100 - 37,5 = 62,5 \% .$$

По полученным значениям просевов необходимо построить кривую и дать заключение о попадании кривой просева в область значений для оптимально подобранных смесей. Для этого на рисунке 3.1 наносятся значения указанные в таблице 3.2 (графа 12).

После выполнения расчета минеральной части асфальтобетона необходимо приступить к определению оптимального количества битума.

При определении требуемого содержания битума ускоренным методом из смеси с 5 % битума (рекомендуется 4,0 %...5,0 %) принимаем среднюю плотность асфальтобетона $\rho_c = 2,4 \text{ г/см}^3$.

Тогда средняя плотность минеральной части асфальтобетона

$$\rho_{\text{м.ч.с.}} = \frac{\rho_c \cdot q_0}{q_0 + q_b} ,$$

где q_0 – количество минеральных компонентов, $q_0 = 100 \%$ (см. таблицу 3.2, строка 10, графа 7 + графа 8 + графа 9).

q_b – количество битума, $q_b = 4,0 \% \dots 5,0 \%$. Принимаем рекомендуемое значение

$$\rho_{\text{м.ч.с.}} = \frac{2,4 \cdot 100}{100 + 5} 2,28 \text{ г/см}^3 .$$

Тогда истинная плотность минеральной части

$$\rho_{м.ч.и.} = \frac{100}{\frac{q_{щ.}}{\rho_{щ.и.}} + \frac{q_n}{\rho_{п.и.}} + \frac{q_{мп.}}{\rho_{мп.и.}}},$$

где $q_{щ.}$ – количество щебня, $q_{щ.} = 20$ % (см. таблицу 3.2, строка 10, графа 7);
 q_n – количество песка, $q_n = 67,3$ % (см. таблицу 3.2, строка 10, графа 8);
 $q_{мп.}$ – количество минерального порошка, $q_{мп.} = 12,7$ % (см. таблицу 3.2, строка 10, графа 9).

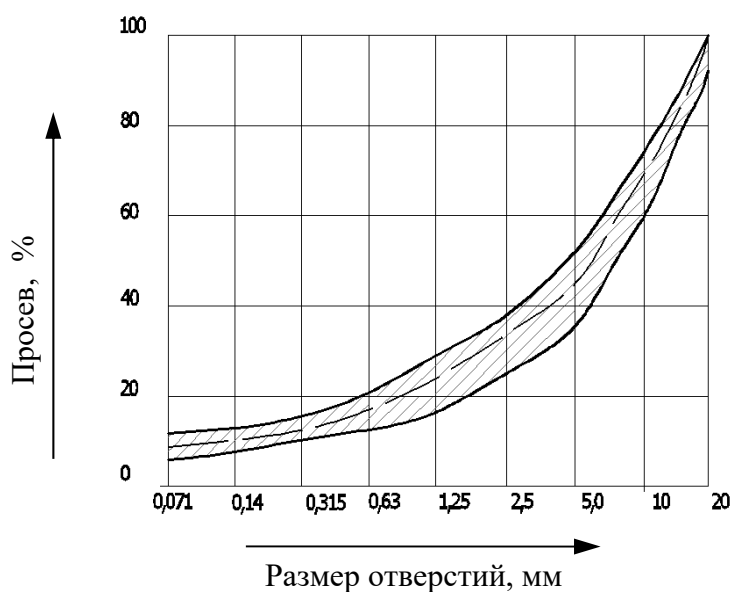


Рисунок 3.1 – Кривые просеивания для минеральных смесей с оптимальным составом

$\rho_{щ.и.}$, $\rho_{п.и.}$, $\rho_{мп.и.}$ – истинная плотность минеральных материалов; исходные данные: $\rho_{щ.и.} = 2,8$ г/см³, $\rho_{п.и.} = 2,78$ г/см³, $\rho_{мп.и.} = 3,07$ г/см³.

$$\rho_{м.ч.и.} = \frac{100}{\frac{20}{2,8} + \frac{67,3}{2,78} + \frac{12,7}{3,07}} = 2,82 \text{ г/см}^3.$$

Фактическая пористость минеральной части асфальтобетона

$$P_{м.ч.}^{а.б} = \left(1 - \frac{\rho_{м.ч.с.}}{\rho_{м.ч.и.}}\right) \cdot 100 \% = \left(1 - \frac{2,28}{2,82}\right) \cdot 100 \% = 19,2 \%.$$

Остаточная пористость асфальтобетона должна быть в пределах 2 %...7 %. Для дорожно-климатической зоны II принимаем значение из нормируемого предела, например 5.

Требуемое содержание битума, согласно зависимости

$$B = \frac{(P_{м.ч}^{a.б} - P_{ост}^{a.б}) \cdot \rho_{б}}{\rho_{м.ч.и}} = \frac{(19,2 - 5) \cdot 0,9}{2,82} = 4,53 \%$$

Для изготовления асфальтобетона с представленной минеральной частью необходимо использовать 4,53 % битума.

Задача 18. Истинная плотность асфальтобетона составляет 2285 кг/м³. Какова истинная плотность минерального остова асфальтобетона, если доля битума в смеси 6,5 %, а истинная плотность битума 1050 кг/м³?

Истинная плотность асфальтобетонной смеси рассчитывается по формуле

$$\rho^{a.c} = \frac{q_m + q_b}{\frac{q_m}{\rho_{м.ч.и}} + \frac{q_b}{\rho_b}},$$

где q_m – массовая доля минеральных материалов в смеси, % (принимают за 100 %);

q_b – массовая доля вяжущего в смеси, %;

$\rho_{м.ч.и}$ – истинная плотность минеральных материалов, исходные данные, г/см³;

ρ_b – истинная плотность вяжущего, г/см³.

Отсюда

$$\rho_{м.ч.и} = \frac{q_m}{\frac{q_m + q_b}{\rho^{a.c}} - \frac{q_b}{\rho_b}} = \frac{100}{\frac{100 + 6,5}{2285} - \frac{6,5}{1050}} = 2451 \text{ г/см}^3.$$

3.9 Древесина и строительные материалы. Изделия на основе древесины

Задача 19. Каковы (ориентировочно) показатели прочности древесины ели при сжатии и изгибе, если содержание поздней древесины равно 24 %?

Решение

Зависимость предела прочности древесины хвойных пород при сжатии от содержания поздней древесины определяется по формуле

$$R_{сж(12)} = A \cdot m + B,$$

где $A = 0,6$;

$$B = 30;$$

m – доля поздней древесины в годовом слое, %.

Отсюда

$$R_{сж(12)} = 0,6 \cdot 24 + 30 = 44,4 \text{ МПа.}$$

Прочность древесины хвойных пород при поперечном изгибе определяется по той же формуле, но с коэффициентами $A = 1,4$; $B = 56$:

$$R_{изг(12)} = 1,4 \cdot m + 56 = 1,4 \cdot 24 + 56 = 89,6 \text{ МПа.}$$

Задача 20. Предел прочности древесины при влажности 18 % составляет при сжатии 43,0 МПа, при изгибе 75 МПа. Определить предел прочности при стандартной влажности.

Решение

Результаты механических испытаний древесины, влажность которой меньше предела гигроскопичности (30 %), преобразуют исходя из влажности по формуле

$$R_{сж(12)} = R_{сж(W)} [1 + \varphi \cdot (W - 12)],$$

где $R_{сж(12)}$ – предел прочности древесины при сжатии в условиях стандартной влажности 12 %, МПа;

$R_{сж(W)}$ – то же при фактической влажности W в момент испытания, МПа;

φ – поправочный коэффициент, показывающий, насколько изменяется данное свойство при изменении влажности на 1 %, $\varphi = 0,035$ (независимо от породы дерева и направления сжатия).

Получаем

$$R_{сж(12)} = 43 [1 + 0,035 \cdot (18 - 12)] = 52,03 \text{ МПа.}$$

Пересчет предела прочности при статическом изгибе производят аналогично:

$$R_{изг(12)} = 75 [1 + 0,035 \cdot (18 - 12)] = 92,25 \text{ МПа.}$$

Задача 21. Каков предел прочности древесины по результатам испытаний стандартного образца из липы размером $20 \times 20 \times 30$ мм, имеющего влажность 35 %, если разрушающая нагрузка равна 13 кН?

Решение

Предел прочности при сжатии древесины рассчитывается по формуле

$$R_{сж(W)} = \frac{F_{разр}}{a \cdot b},$$

где $F_{разр}$ – разрушающая нагрузка, Н;

a, b – размеры поперечного сечения образца, м.

Отсюда

$$R_{сж(35)} = \frac{13 \cdot 10^3}{0,02 \cdot 0,02} = 32500000 \text{ Па} = 32,5 \text{ МПа}.$$

Для образцов с влажностью больше предела гигроскопичности (30 %) прочность при стандартной влажности определяют по формуле

$$R_{сж(12)} = \frac{R_{сж(W)}}{k_{12}^{30}},$$

где k_{12}^{30} – коэффициент перерасчета к прочности при стандартной влажности, для липы $k_{12}^{30} = 0,55$.

$$R_{сж(12)} = \frac{32,5}{0,55} = 59 \text{ МПа}.$$

3.10 Полимерные материалы и изделия

Задача 22. При испытании прочности пластмассы на статический изгиб получены следующие результаты: разрушающая нагрузка $F = 153,0$ Н; ширина образца $b = 9,5$ мм; толщина $h = 4$ мм; расстояние между опорами $l = 80$ мм. Определить предел прочности при изгибе.

Решение

Предел прочности пластмассы при статическом изгибе рассчитывают по формуле

$$R_{изг} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} = \frac{3 \cdot 153 \cdot 0,08}{2 \cdot 0,0095 \cdot 0,004^2} = 122400000 \text{ Па} = 122,4 \text{ МПа}.$$

Список литературы

- 1 **Широкий, Г. Т.** Строительное материаловедение: учебное пособие / Г. Т. Широкий; под общ. ред. Э. И. Батяновского. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 460 с.
- 2 **Красовский, П. С.** Строительные материалы: учебное пособие / П. С. Красовский. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2019. – 256 с.
- 3 **Ковалев, Я. Н.** Физико-химические основы технологии строительных материалов: учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев. – Минск: Новое знание; Москва: ИНФРА-М, 2017. – 285 с.
- 4 **Красовский, П. С.** Строительные материалы: учебное пособие / П. С. Красовский. – Москва: ФОРУМ; ИНФРА-М, 2013. – 256 с.
- 5 Строительные материалы. Лабораторный практикум: учебно-методическое пособие / Я. Н. Ковалев [и др.]; под ред. Я. Н. Ковалева. – Минск; Москва: Новое знание; ИНФРА-М, 2013. – 633 с.
- 6 Строительные материалы. Материаловедение. Строительные материалы: учебник / В. Г. Микульский [и др.]; под ред. В. Г. Микульского, В. В. Козлова. – Москва: АСВ, 2004. – 536 с.
- 7 **Богданов, В. С.** Процессы в производстве строительных материалов и изделий: учебник для вузов / В. С. Богданов, А. С. Ильин, И. А. Семикопенко; под ред. В. С. Богданова. – Белгород: Везелица, 2007. – 512 с.
- 8 Строительные материалы: учебно-справочное пособие / Под ред. Г. А. Айрапетова, Г. В. Несветаева. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. – 608 с.
- 9 **Рыбьев, И. А.** Строительное материаловедение: учебное пособие для вузов / И. А. Рыбьев. – 3-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2008. – 706 с.
- 10 **Киреева, Ю. И.** Строительное материаловедение для заочного обучения: учебное пособие / Ю. И. Киреева, О. В. Лазаренко. – Минск: Новое знание, 2008. – 366 с.
- 11 **Основин, В. Н.** Строительные материалы и изделия: учебное пособие для вузов / В. Н. Основин, Л. В. Шуляков. – 2-е изд. – Минск: Вышэйшая школа, 2009. – 224 с.