

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А.В. Косых
Е.Н. Куванова

**Материаловедение.
Современные строительные
и отделочные материалы**

Учебно-методическое пособие

Братск 2009

Материаловедение. Современные строительные и отделочные материалы : учебно-методическое пособие / А.В. Косых, Е.Н. Куванова. – Братск : ГОУ ВПО «Братский государственный университет», 2009. – 116 с.

В пособии приведены рабочие программы дисциплин «Материаловедение» и «Современные отделочные материалы», методические указания по отдельным разделам программы, задания для контрольной работы, словарь наиболее распространенных терминов, вопросы к экзамену.

Предназначено для студентов заочной формы обучения и тех, кто обучается по сокращенным образовательным программам по направлению 270100 «Строительство».

Рецензент ***И.А. Макарова***, канд. техн. наук,
доцент каф. СМиТ (Братский государственный
университет)

Печатается по решению редакционно-издательского совета

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплины «Материаловедение» и «Современные отделочные материалы» имеют много общего и ранее были объединены в одном курсе «Строительные материалы». Они изучаются на одном курсе и читаются, как правило, на кафедре «Строительное материаловедение и технологии», в связи с этим авторы сочли целесообразным объединить материал по дисциплинам в одном учебном пособии.

Студенты-заочники, совмещающие учебные занятия с работой на производстве, в проектных организациях, на стройках, в научных институтах, повседневно встречаются с вопросами использования или изготовления различных строительных материалов. Инженеру строительного профиля приходится разбираться в обширной номенклатуре строительных материалов, выбирать необходимый материал с учетом его качественных показателей, конкретных условий применения и стоимости. Он должен не только иметь представление о технологии изготовления материалов, особенностях технологических процессов производства изделий и переработки сырья, о влиянии различных факторов на надежность и долговечность строительных материалов и о возможностях применения техногенных отходов в их производстве, он и освоить методы оценки качества сырья и готовой заводской продукции, направляемой на строительство, изучить правила ее приемки, хранения, транспортирования, экономного расходования и т.п. Данный курс тесно связан с такими естественнонаучными дисциплинами, как химия, физика, он формирует основу для дальнейшего изучения инженерно-технических дисциплин (основы проектирования строительных конструкций, технология строительного производства, архитектура и т.д.), отражающих специфику отрасли. Кроме того, он связан с циклом общепрофессиональных дисциплин (экономика, экология, инженерная геология).

Специалист должен также приобрести практические навыки, особенно в отношении проверки качества материала, подбора его рационального состава, изготовления образцов для их испытания и т.п. Все эти знания и навыки инженер получает в высших учебных заведениях при изучении специального курса «Строительные материалы» в объеме, определенном программой.

Для студентов специальностей «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство и хозяйство», «Экспертиза и управление недвижимостью» программой предусмотрено самостоятельное изучение теоретической части курса. При этом студентам следует пользоваться, кроме основного учебника, дополнительной литературой, журналами «Строительные материалы», «Бетон и железобетон», «Стекло и керамика», а также специализированными учебными пособиями. В период лабораторно-экзаменационных сессий рекомендуется посещать и установочные лекции. В них излагаются не только наиболее сложные вопросы теоретического курса, но и современные достижения науки и производства в области строительных материалов как в нашей стране, так и за рубежом.

Каждый раздел курса посвящен группе более или менее сходных строительных материалов. После проработки соответствующего раздела рекомендуется ответить на вопросы для самопроверки. Ответы, вызывающие сомнения, проверяют по учебнику или другой литературе, так как последующие вопросы весьма часто исходят из предыдущих ответов. Ответы (теорию, а в отдельных случаях формулы, схемы, расчеты) необходимо излагать в письменном виде, что помогает усвоению и правильному изучению темы.

Контрольное задание имеет 10 вариантов. Вариант 1 выполняют студенты, номер зачетных книжек которых оканчивается на цифру 1; вариант 2 – на цифру 2, и т.д., а вариант 10 – на цифру 0.

Студентам рекомендуется пользоваться консультациями, которые систематически проводятся на кафедре «Строительное материаловедение и технологии». Контрольное задание студенты выполняют самостоятельно, замечания и пояснения по нему преподаватель даёт в рецензиях и на полях тетради. Отрецензированная контрольная работа возвращается студенту или может быть оставлена на кафедре. Допускается устное собеседование преподавателя со студентом по выполненной контрольной работе без письменного рецензирования.

Кроме теоретических знаний, студент должен получить практические навыки в определённом объёме. Лабораторные и практические работы студент выполняет самостоятельно, но под наблюдением преподавателя в лаборатории. С этой целью организуются

группы и по установленному расписанию проводятся занятия в лабораториях. Для лучшего усвоения материала студенты выполняют на одном занятии, как правило, не более одного задания. Форму и характер учебных занятий в лаборатории уточняет преподаватель; посещение их для обучающихся обязательно.

По каждой лабораторной работе должен быть оформлен отчет, подписанный студентом и утвержденный преподавателем.

После выполнения всех работ и сдачи по ним зачёта студент допускается к экзамену.

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

Номенклатура строительных материалов многообразна. Для одинаковых конструкций или их элементов могут применяться различные материалы. Выбрать из них лучший и наиболее дешевый не всегда легко. К стеновым материалам, например, относятся: природный камень, кирпич, бетон (монолитный и сборный), лесоматериалы, армированные пластики, камышит, пеносиликат, саман и т.п. Однако для конкретных целей должен быть выбран материал, наиболее удовлетворяющий функциональному назначению стены (жилое помещение, подвал, производственный цех, инженерное сооружение и др.), а также экономическим расчетам.

По своим прочностным данным выбранный материал должен значительно превосходить внутренние напряжения, возникающие в нем под воздействием реальных механических сил, тепловых факторов, усадочных явлений и т.д. Под их влиянием не должна нарушаться целостность или сплошность материала и приданная ему форма в конструкции. При проектировании и строительстве учитывают различное отношение материалов к характеру нагружения. Некоторые материалы (металлы, дерево, пластики) хорошо сопротивляются растягивающим усилиям, тогда как другие (бетон, кирпич) не способны их выдерживать, но хорошо сопротивляются сжимающим усилиям. Одни материалы хорошо работают на изгиб, другие лучше сопротивляются скалыванию. Эти особенности служат фактором при выборе материала для конструкции или сооружения.

Кроме прочности материалы характеризуются определенной способностью к деформированию. Одни материалы способны к упругим и эластичным деформациям, другие – нет. Деформационные показатели качества материалов имеют огромное теоретическое и практическое значение при решении вопросов устойчивости конструкций и сооружений.

Материал должен сохранять по возможности прочностные и деформационные характеристики в течение длительного периода работы. В противоречии с этим требованием находится влияние внешней среды. Так, например, в морских сооружениях высокопрочный и плотный бетон, изготовленный на обычном портландцементе, сравнительно быстро разрушается; деревянные сваи, за-

битые в грунт, недолговечны и подвержены загниванию; силикатный кирпич, уложенный в стены подвальных этажей, в печи и дымоходы, также недолговечен, поскольку грунтовая вода и высокие температуры в печах способствуют его разрушению. Многие материалы под влиянием влагопоглощения ярко проявляют повышенные пластические свойства. Многочисленные примеры показывают, что выбор технически целесообразного материала обосновывается не только его прочностными характеристиками, но и стойкостью к воздействию внешней среды, в которой работает конструкция. Обычно эта стойкость материала во времени (долговечность) неразрывно связана с его химическими и физико-химическими свойствами. Последние же зависят от структуры материала и ее изменения под влиянием внешних и внутренних факторов. Внутренние химические реакции с образованием новых соединений, вследствие проникновения химических реагентов из внешней среды, могут существенным образом отразиться на структуре. Изменение структуры (микро- и макроструктуры) материала в первый период может привести к псевдоупрочнению, а в дальнейшем – к сокращению его долговечности. От материала требуется определенный уровень физических показателей.

Материал, применяемый в строительстве, обычно подвергается технологической обработке. Способность поддаваться такой обработке является иногда решающим показателем при выборе материала. Так, например, для облицовки цокольных этажей здания нередко используют только те горные породы, которые хорошо полируются с образованием зеркальной поверхности. При массовой заготовке щебня для бетонных работ учитывается способность горной породы дробиться в машинах без образования плоских щебенков (лещадки) и т.п.

Следовательно, при выборе материала всегда учитывают его способность реагировать на отдельные или взятые в совокупности факторы – механические, внешнюю среду, температуру и ее колебания, химические реагенты, технологические операции и др. Эта способность материала реагировать на указанные факторы называется его свойствами.

Каждый материал обладает комплексом свойств (механических, физических, химических и технологических), выражающих

его техническую характеристику. При решении практических задач требуется учитывать все свойства в совокупности.

Оценка технических свойств и сравнение материалов между собой возможны по показателям, которые получают при испытании материалов в полевых, заводских или лабораторных условиях, а также в полупроизводственных опытных условиях (полигон, участок, модель и др.). Изучение свойств материала и методов их определения подкрепляется лабораторными навыками, приобретаемыми студентами во время прохождения практических и лабораторных занятий.

Каждый строительный материал должен удовлетворять определенным техническим требованиям. Эти требования регламентируются общесоюзными стандартами – ГОСТами. В ГОСТах дается определение данному материалу, приводятся классификационные признаки и конкретные цифровые показатели технических свойств, указывается его происхождение или способ получения, обобщаются необходимые данные по маркировке и упаковке, правила хранения и транспортировки, конструктивные сведения о методах испытаний. Государственные стандарты устанавливают на все строительные материалы, имеющие важное значение для народного хозяйства.

Кроме государственных существуют отраслевые стандарты, устанавливаемые министерствами в отношении сырья и материалов, имеющих ограниченное распространение. Могут быть также стандарты предприятий (фирм), которые устанавливают нормы и требования к материалам. Существуют еще так называемые технические условия (ТУ) предприятий (фирм), утвержденные главным инженером совместно с организацией-потребителем. Они обязательны для данного предприятия при доставке продукции по договору.

Стандарты и технические условия периодически перерабатывают на основе новейших достижений отечественной и мировой науки и техники, поэтому студенту необходимо обращаться к последним изданиям этих документов. Физические и технические характеристики должны выражаться в единицах. Такими единицами с 1 января 1963 г. согласно ГОСТ 9867–61 в нашей стране являются единицы СИ.

Следует иметь в виду, что в некоторых ранее изданных учебниках и учебных пособиях по строительным материалам могут еще встречаться наименования физических величин в старых единицах измерения. Поэтому, пользуясь этими учебниками и учебными пособиями, нужно при необходимости осуществлять перевод прежних единиц измерения в единицы СИ. Необходимо также помнить, что при выполнении контрольных и лабораторных работ все получаемые значения физических величин должны быть выражены в единицах СИ.

1.1. Состав и строение строительных материалов

Материаловедением называют науку, изучающую связь состава, строения и свойств материалов, а также закономерности их изменения при физико-химических, физических, механических и других воздействиях. Всякий материал в конструкциях зданий и сооружений воспринимает те или иные нагрузки и подвергается действию окружающей среды.

Нагрузки вызывают деформации и внутренние напряжения в материале, поэтому при проектировании зданий и сооружений требуются точные характеристики его прочностных свойств и способности к деформации, т.е. *механических свойств*.

Кроме прочности строительные материалы должны обладать *стойкостью*, т.е. способностью сопротивляться физическим и химическим воздействиям среды (воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ), колебаниям температуры и влажности, совместному действию воды и мороза при многократном замораживании и оттаивании, воздействию химически агрессивных веществ: кислот, щелочей и др.

Исходя из условий работы материала и сооружений, строительные материалы можно разделить по назначению на две группы.

Первую группу составляют материалы универсального типа, пригодные для несущих конструкций. Это природные и искусственные каменные материалы, получаемые на основе вяжущих веществ без обжига (бетоны, строительные растворы) и получаемые в результате термической обработки минерального сырья (ке-

радика, стекло, ситаллы, металлы). Сюда же относятся конструкционные пластмассы, лесные материалы и др.

Вторая группа объединяет строительные материалы специального назначения – теплоизоляционные; акустические; гидроизоляционные, кровельные и герметизирующие; отделочные; антикоррозионные и др. Они необходимы для защиты конструкций от вредных влияний среды, а также для повышения эксплуатационных свойств зданий и создания комфорта.

Изделия, конструкции должны обеспечивать их долговечность и надежность при длительной эксплуатации.

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт. Предельное состояние определяется разрушением изделия, требованиями безопасности или экономическими соображениями. Долговечность строительных изделий измеряют обычно сроком службы без потери эксплуатационных качеств в конкретных климатических условиях и при определенном режиме эксплуатации. Например, для железобетонных конструкций нормами предусмотрены три степени долговечности: первая из них соответствует сроку службы не менее 100 лет, вторая – 50 лет, третья – 20 лет.

Надежность представляет собой общее свойство, характеризующее проявление всех остальных свойств изделия в процессе эксплуатации. Надежность складывается из долговечности, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости. Эти свойства связаны между собой.

Безотказностью называют свойство изделия сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации в течение некоторого времени без вынужденных перерывов на ремонт. К показателям безотказности относят вероятность безотказной работы.

Отказ – это событие, при котором система, элемент или изделие полностью или частично теряют работоспособность. Потеря работоспособности вызывается неисправностью, когда хотя бы один из основных параметров выходит за пределы установленных допусков.

Ремонтпригодность – свойство изделия, характеризующее его способность к восстановлению исправности и сохранению за-

данной технической характеристики в результате предупреждения, выявления и устранения отказов. Показатель ремонтпригодности – это среднее время ремонта на один отказ данного вида, а также трудоемкость и стоимость устранения отказов.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели в течение срока хранения и транспортирования и после него, что установлено технической документацией. Сохраняемость количественно оценивают временем хранения и транспортирования до возникновения неисправности.

Для понимания свойств строительного материала и в конечном итоге для решения практического вопроса, где и как его применять, чтобы получить наибольший технико-экономический эффект, необходимо знать его строение.

В строении материала различают три уровня:

- 1) макроуровень – строение, видимое невооруженным глазом;
- 2) микроуровень – строение, видимое в оптический микроскоп;
- 3) молекулярно-ионный уровень – внутреннее строение веществ, составляющих материал, изучаемое методами рентгеноструктурного анализа, электронной микроскопии и т.п.

Макроструктура твердых строительных материалов может быть следующих типов: конгломератная, ячеистая, мелкопористая, волокнистая, слоистая, рыхлозернистая (порошкообразная).

Искусственные конгломераты – это обширная группа, объединяющая бетоны различного вида, ряд керамических и других материалов.

Ячеистая структура характеризуется наличием макропор, свойственных газо- и пенобетонам и ячеистым пластмассам.

Мелкопористая структура присуща, например, керамическим материалам, чьи поры образованы способами высокого водозатворения и введением выгорающих добавок.

Волокнистая структура свойственна древесине, стеклопластикам, изделиям из минеральной ваты и др. Ее особенностью является резкое различие прочности, теплопроводности и других свойств вдоль и поперек волокон.

Слоистая структура отчетливо выражена у рулонных, листовых, плитных материалов, в частности у пластмасс со слоистым наполнителем (бумопласт, текстолит и др.).

Рыхлозернистые материалы используются в качестве заполнителей для бетона; это зернистые и порошкообразные материалы для мастичной теплоизоляции, засыпок и др.

Микроструктура веществ, составляющих материал, может быть кристаллическая и аморфная. Кристаллические и аморфные формы нередко являются лишь различными состояниями одного и того же вещества. Примером служит кристаллический кварц и различные аморфные формы кремнезема. Кристаллическая форма всегда более устойчива. Чтобы вызвать химическое взаимодействие между кварцевым песком и известью, в технологии силикатного кирпича применяют автоклавную обработку отформованного сырца насыщенным водяным паром с температурой не менее 175 °С и давлением 0,8 МПа. Между тем трепел (аморфная форма диоксида кремния) вместе с известью после затворения водой образует гидросиликат кальция при нормальной температуре 15–25 °С. Аморфная форма вещества может перейти в более устойчивую кристаллическую форму.

Практическое значение для природных и искусственных материалов имеет явление полиморфизма, когда одно и то же вещество способно существовать в различных кристаллических формах, называемых модификациями. Наблюдаются, например, полиморфные превращения кварца, сопровождающиеся изменением объема.

Особенностью кристаллического вещества является определенная температура плавления (при постоянном давлении) и определенная геометрическая форма кристаллов каждой его модификации.

Свойства монокристаллов: механическая прочность, теплопроводность, скорость растворения, электропроводность и др. — неодинаковы в разных направлениях. Явление *анизотропии* возникает вследствие особенностей внутреннего строения кристаллов.

В строительстве применяют поликристаллические каменные материалы, в которых разные кристаллы ориентированы беспорядочно. Подобные материалы рассматриваются как *изотропные* по своим строительно-техническим свойствам. Исключение составляют слоистые каменные материалы (гнейсы, сланцы и др.).

Внутреннее строение веществ, составляющих материал, определяет его механическую прочность, твердость, тугоплавкость и другие важные свойства.

Кристаллические вещества, входящие в состав строительного материала, различают по характеру связи между частицами, образующими пространственную кристаллическую решетку. Она может быть образована нейтральными атомами (одного и того же элемента, как в алмазе, или различных элементов, как в SiO_2); ионами (разноименно заряженными, как в CaCO_3 , или одноименными, как в металлах); целыми молекулами (кристаллы льда).

Ковалентная связь, осуществляемая обычно электронной парой, образуется в кристаллах простых веществ (алмаз, графит) и в кристаллах некоторых соединений из двух элементов (кварц, карборунд, другие карбиды, нитриды). Такие материалы отличаются очень высокой механической прочностью, твердостью, они весьма тугоплавки.

Ионные связи образуются в кристаллах тех материалов, в которых связь имеет преобладающе ионный характер. Распространенные строительные материалы этого типа – гипс и ангидрид – отличаются невысокой прочностью и твердостью, неводостойки.

В сложных кристаллах, часто встречающихся в строительных материалах (кальцит, полевые шпаты), осуществляется и ковалентная, и ионная связь.

Внутри сложного иона CO_3^{2-} связь ковалентная, но сам он имеет с ионами Ca^{2+} ионную связь. Свойства подобных материалов весьма разнообразны. Кальцит CaCO_3 при достаточно высокой прочности обладает малой твердостью. Полевые шпаты характеризуются довольно высокими показателями прочности и твердости, но уступают кристаллам алмаза с чисто ковалентной связью.

Молекулярные кристаллические решетки и соответствующие им молекулярные связи образуются преимущественно в кристаллах тех веществ, в молекулах которых связи являются ковалентными. Кристалл этих веществ построен из целых молекул, которые удерживаются друг около друга сравнительно слабыми ван-дер-ваальсовыми силами межмолекулярного притяжения (как в кристаллах льда). При нагревании связи между молекулами легко разрушаются, поэтому вещества с молекулярными решетками обладают низкими температурами плавления.

Силикаты, занимающие особое место в строительных материалах, имеют сложную структуру, обусловившую их особенности. Так, волокнистые материалы (асбест) состоят из параллельных силикатных цепей, связанных между собой положительными ионами, расположенными между цепями. Ионные силы слабее ковалентных связей внутри каждой цепи, поэтому механические воздействия, недостаточные для разрыва цепей, разделяют такой материал на волокна. Пластинчатые минералы (слюда, каолинит) состоят из силикатных групп, объединенных в плоские сетки.

Сложные силикатные структуры построены из тетраэдров SiO_4 , связанных между собой общими вершинами (общими атомами кислорода) и образующих объемную решетку. Это дало основание рассматривать их как неорганические полимеры.

Строительный материал характеризуется химическим, минеральным и фазовым составом.

Химический состав строительных материалов позволяет судить о ряде свойств материала: огнестойкости, биостойкости, механических и других технических характеристиках. Химический состав неорганических веществ (цемент, известь и др.) и каменных материалов удобно выражать количеством содержащихся в них оксидов (%). Основные и кислотные оксиды химически связаны между собой и образуют минералы, которые и определяют многие свойства материала.

Минеральный состав показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся в вяжущем веществе или в каменном материале. Например, в портландцементе содержание трехкальциевого силиката (3CaOSiO_2) составляет 45–60 %, причем при большем его количестве ускоряется твердение, повышается прочность цементного камня.

Фазовый состав материала и фазовые переходы воды, находящиеся в его порах, оказывают влияние на все свойства и поведение материала при эксплуатации. В материале выделяют твердые вещества, образующие стенки пор, т.е. «каркас» материала, и поры, заполненные воздухом и водой. Если вода, являющаяся компонентом этой системы, замерзает, то образовавшийся в порах лед изменяет механические и тепломеханические свойства материала. Увеличение же объема замерзающей в порах воды вызывает

внутренние напряжения, способные разрушить материал при повторных циклах замораживания и оттаивания [1, с. 13–18].

Вопросы для самопроверки

1. Что изучает материаловедение?
2. На какие группы делятся строительные материалы, исходя из условий работы материала в сооружениях?
3. Что должны обеспечивать конструкции при длительной эксплуатации?
4. Макроструктура твердых строительных материалов.
5. Микроструктура веществ.
6. Что определяет внутреннее строение веществ?
7. Каким составом характеризуется строительный материал?
8. О каких свойствах материала позволяет судить химический состав?
9. Что показывает минеральный состав?
10. Что определяет поведение материала при эксплуатации?

1.2. Управление структурой материала для получения заданных свойств

Свойства любого материала можно регулировать в широких пределах путем изменения его состава и структуры.

Состав материала – химический, минералогический, фазовый (твердый, жидкий, газообразный) – зависит в большей степени от сырья, которое было использовано для его производства, и в меньшей степени – от технологии его изготовления.

Структуру материала изучают на микроуровне при помощи микроскопов и на макроуровне – визуально. В зависимости от состава *микроструктура* может быть нестабильной коагуляционной, оцениваемой по вязкости и пластичности (клей, лакокрасочные материалы, глиняное и цементное тесто). Со временем она переходит в более устойчивую структуру: аморфную (стекло, шлаки), характеризующуюся однородностью и хаотичным расположением молекул, или самую стабильную – кристаллическую (металлы, природный и искусственный камень), представляющую собой кристаллическую решетку со строго определенным расположением

атомов. Одним из основных показателей кристаллических решеток является прочность. Форма, размеры и расположение кристаллов оказывают большое влияние на свойства материалов: мелкокристаллические более однородны и стойки к внешним воздействиям; крупнокристаллические (металлы) имеют большую прочность; слоистое расположение кристаллов (сланцы) обеспечивает легкое раскалывание по плоскостям, что используется при получении отделочных плиточных материалов. Микроструктуру искусственно полученных материалов можно целенаправленно регулировать в широком диапазоне в зависимости от задаваемых свойств и назначения изделий. Так, при получении листовых стекол откорректированный состав, основой которого является кремнезем (SiO_2), сначала приобретает коагуляционную структуру – при расплавлении, а затем аморфную – при формовке и охлаждении изделий; последние характеризуются набором свойств, главные из них – оптические. Для повышения термомеханических показателей можно целенаправленно изменить структуру стекла на кристаллическую за счет ввода в сырье специальных добавок и дополнительной термообработки изделий. Материал приобретает высокую термостойкость, прочность на удар и износ, химическую стойкость, но теряет прозрачность. Комплекс полученных свойств определяет назначение каждого изделия: для остекления окон используется аморфное стекло, для облицовки пола в цехах с агрессивными средами – кристаллическое.

Макроструктура материалов – плотная (стекло), ячеистая (пеносиликат), мелкопористая (кирпич), волокнистая (древесина), слоистая (пластики), рыхлозернистая (песок, щебень, гравий) – зависит от технологии получения материала и изделия. Так, например, из одного и того же основного исходного сырья – глины, изменяя технологию, можно получить облицовочные плитки плотной структуры, стеновой мелкопористый кирпич и теплоизоляционный ячеистый материал – керамзит.

Состав и структура определяют *свойства* материалов. Они не остаются постоянными, а изменяются во времени в результате механических, физико-химических и биохимических воздействий среды, в которой эксплуатируется изделие или конструкция. Эти изменения могут протекать как медленно (например, при разрушении горных пород), так и относительно быстро – при вымы-

вании из бетона растворимых веществ. Действие ультрафиолетовых лучей на полимерные материалы приводит к изменению их цвета и повышению хрупкости. Следовательно, каждый материал должен обладать не только свойствами, позволяющими применять его по назначению, но и определенной стойкостью, обеспечивающей долговечную эксплуатацию отдельного изделия и всего сооружения в целом.

Все свойства строительных материалов можно условно разделить на *физические, химические, механические и технологические* (рис. 2.1) [2, с. 6–7].

Вопросы для самопроверки

1. Можно ли регулировать свойства материалов? Если да, то как?
2. От чего зависит состав материала?
3. Структура строительных материалов.
4. Что определяет свойства материалов?

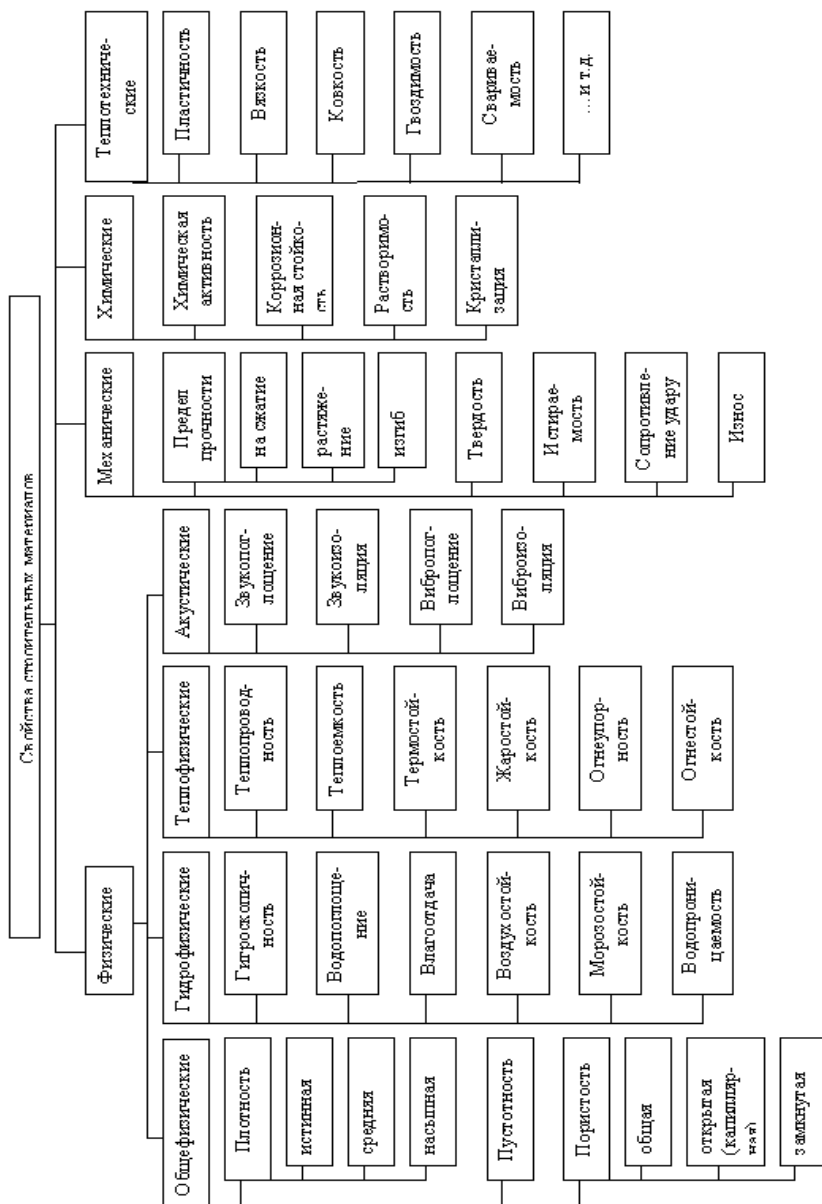


Рис. 2.1

1.3. Основные свойства строительных материалов

Технологические свойства материала характеризуют его способность подвергаться тому или иному виду обработки. Так, например, к технологическим свойствам древесины относятся хорошая гвоздимкость, легкость обработки различными инструментами. Технологические свойства некоторых полимерных материалов включают способность обтачиваться, сверлиться, легко склеиваться, свариваться. Бетонные, растворные, глиняные, асфальтобетонные и другие смеси обладают пластичностью и вязкостью, которые обеспечивают заполнение определенного объема.

Пластично-вязкие материалы по своим физическим свойствам занимают промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами и при определенных условиях могут как бы совмещать их свойства.

Известно, что глиняное или иное тесто можно разрезать ножом, чего нельзя сделать с жидкостью, но вместе с тем это же тесто под действием внешних сил может принимать форму сосуда, т.е. ведет себя как жидкость.

Пластичность – способность материала деформироваться без разрыва сплошности под влиянием внешнего механического воздействия и сохранять полученную форму, когда действие внешней силы прекращается. Пластичность влияет на технологию производства бетонов, строительных растворов, керамических и других строительных материалов, а также на свойства готовых изделий. При высокой пластичности ускоряются и удешевляются операции смешивания и формования, повышается однородность готовых изделий, что благоприятно сказывается на их физических и механических свойствах, химической стойкости.

Вязкостью, или *внутренним трением*, называют сопротивление жидкости передвижению одного ее слоя относительно другого. Когда какой-либо слой жидкости приводится в движение, то соседние слои тоже вовлекаются в движение и оказывают ему сопротивление. Величина этого сопротивления зависит от вещественного состава и температуры. Для количественной характеристики вязкости служит *коэффициент динамической вязкости* (Па·с). Вязкостные свойства учитывают при использовании органических вяжущих материалов, синтетических и природных полимеров, клеев,

масел, красочных составов. Вязкость этих материалов снижается при нагревании и резко повышается с понижением температуры.

Механические свойства (рис. 1.1) характеризуют поведение материалов при действии различного вида нагрузок (растягивающих, сжимающих, изгибающих и т.д.). В результате механических воздействий материал деформируется. Если внешние усилия невелики, деформация является упругой, т.е. после снятия нагрузки материал возвращается к прежним размерам. Если нагрузка достигает значительной величины, кроме упругих деформаций появляются пластические, приводящие к необратимому изменению формы. Наконец, при достижении некоторой предельной величины происходит разрушение материала.

В зависимости от того, как материалы ведут себя под нагрузкой, их подразделяют на *пластичные* (изменяют форму под нагрузкой без появления трещин и сохраняют изменившуюся форму после снятия нагрузки) и *хрупкие*. Пластичные материалы, как правило, однородные, они состоят из крупных, способных смещаться относительно друг друга молекул (органические вещества) или кристаллов с легко деформируемой кристаллической решеткой (металлы). Хрупкие материалы (бетон, природный камень, кирпич) хорошо сопротивляются сжатию и в 5–50 раз хуже – растяжению, изгибу, удару (соответственно стекло, гранит).

В расчете строительных материалов на прочность допускаемые напряжения должны составлять лишь часть их предела прочности. Необходимость создания запаса обусловлена неоднородностью структуры большинства строительных материалов, недостаточной надежностью полученных результатов при определении предела прочности, отсутствием учета многократного переменного действия нагрузки, старения материалов и т.д. Запас прочности и величину допускаемого напряжения определяют и устанавливают в соответствии с нормативными требованиями в зависимости от вида и назначения материала, долговечности строящегося сооружения.

Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в его поверхность другого, более твердого тела правильной формы.

Твердость материалов определяет возможность их использования в конструкциях, подвергающихся истиранию и износу (полы, дорожные покрытия).

Истираемость характеризуется величиной потери первоначальной массы материала (г), отнесенной к единице площади истирания (см²).

Сопротивление истиранию определяют у материалов, предназначенных для полов, дорожных покрытий, лестничных ступеней.

Сопротивление удару имеет большое значение для материалов, применяемых для покрытия полов в цехах промышленных предприятий. Предел прочности материала при ударе характеризуется количеством работы, затраченной на разрушение образца, к единице объема.

Износ – разрушение материала при совместном действии истирающей и ударной нагрузок. Для определения износостойкости образцы материала испытывают в специальном вращающемся барабане с металлическими шарами. Прочность оценивают по потере массы образцов, выраженной в процентах. Износу подвергаются покрытия дорог, аэродромов и полов промышленных предприятий.

Совокупность свойств материалов должна обеспечивать их долговременную нормативную эксплуатацию в зданиях и сооружениях – *долговечность*.

Химические свойства характеризуют способность материала к химическим взаимодействиям с другими веществами. Возможность химических и физико-химических процессов определяется наличием у строительных материалов таких свойств, как химическая активность, химическая (коррозионная) стойкость, растворимость, способность к кристаллизации и адгезии.

Химическая активность может быть положительной, если процесс взаимодействия приводит к упрочнению структуры (образование цементного, гипсового камня), и отрицательной, если протекающие реакции вызывают разрушение материала (коррозионное действие кислот, щелочей, солей).

Под *адгезией* понимают соединение твердых и жидких материалов по поверхности, обусловленное межмолекулярным взаимодействием. Адгезионные силы сцепления играют важную роль при получении многокомпонентных строительных материалов. Наиболее ярким примером служит железобетон, монолитность

которого обеспечивается прочным соединением заполнителей и арматуры с цементным камнем за счет адгезионного межмолекулярного взаимодействия.

Растворимость характеризует способность вещества образовывать с водой или органическими растворителями однородные системы – растворы. Это свойство зависит от химического состава веществ, температуры и давления. Показателем растворимости для каждого вещества служит произведение растворимости (ПР), представляющее собой предельное содержание растворенного вещества в граммах на 100 мл раствора при заданной температуре и нормальном давлении. *Кристаллизация* – процесс образования кристаллов из паров, растворов, расплавов при электролизе и химических реакциях, который сопровождается выделением тепла. Процессы растворения и кристаллизации являются основополагающими при получении искусственных каменных материалов на основе цемента, гипса, извести.

Химическая (коррозионная) стойкость – это свойство, характеризующее способность материалов противостоять разрушающему действию агрессивных сред. Химическую стойкость оценивают специальным коэффициентом, который рассчитывают по отношению прочности (массы) материала после коррозионных испытаний (в случае кислот или щелочей образцы в течение двух часов кипятят в их концентрированном растворе) к прочности (массе) до испытаний. При коэффициенте 0,90...0,95 материал признают химически стойким по отношению к исследуемой среде. Органические материалы – древесина, битумы, пластмассы – при обычных температурах относительно стойки к действию кислот и щелочей слабой и средней концентрации. Свойства неорганических материалов зависят от их состава.

Действие солей приводит к накоплению кристаллических продуктов в порах материала, вызывающему рост деформаций и разрушение изделия.

Физические свойства материалов подразделяют на общезфизические, гидрофизические, теплофизические и акустические.

К общезфизическим свойствам материала, характеризующим его структуру, относятся плотность и пористость.

Гидрофизические свойства материалов и изделий проявляются при контакте с водой. Наиболее важные из них – гигроско-

пичность, водопоглощение, водостойкость, влагоотдача, водопроницаемость, морозо- и воздухостойкость (прил. 1).

Гигроскопичность – свойство материала, характеризующее его способность поглощать водяные пары из воздуха и удерживать их на своей поверхности. Чем мельче поры, тем больше общая площадь поверхности (при условии равной общей пористости и одинакового вещественного состава) и, следовательно, выше гигроскопичность. Этот процесс является обратимым и зависит от влажности воздуха. При снижении влажности часть гигроскопичной влаги испаряется. Гигроскопичность материала зависит от его состава. Одни материалы, притягивающие к своей поверхности молекулы воды (острый угол смачивания), называются *гидрофильными* (бетон, древесина, стекло, кирпич), другие, отталкивающие воду (тупой угол смачивания), – *гидрофобными* (битум, полимерные материалы). Характеристикой гигроскопичности служит отношение массы влаги, поглощенной материалом из воздуха, к массе сухого материала, выраженное в процентах.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду. Характеризуется количеством воды, поглощенной материалом, высушенным до постоянной массы и полностью погруженным в воду.

Влагоотдача – способность материала отдавать влагу при снижении влажности воздуха. Скорость влагоотдачи зависит от разности показателей влажности образца и окружающей среды. Чем она выше, тем интенсивнее идет высушивание изделия. Крупнопористый гидрофобный материал отдает воду быстрее, чем мелкопористый гидрофильный. В естественных условиях влагоотдачу строительных материалов характеризуют интенсивностью потери влаги при относительной влажности воздуха 60 % и температуре 20 °С.

Водопроницаемость – свойство, характеризующее способность материала пропускать воду под давлением.

При проникновении через материал газообразных продуктов контролируют *газопроницаемость*, пара – *паропроницаемость*, воздуха – *воздухопроницаемость*. Последние два свойства наиболее важны при подборе стеновых материалов, выполнении покрытий зданий, защите фасадов. Используемые для этих целей изделия и составы должны свободно пропускать пар из помещения во из-

бежание повышения влажности и снижения теплозащитных функций конструкций, т.е. они должны быть дышащими. Воздухопроницаемость определяют и учитывают при возведении наружных стен, например, из крупнопористого бетона, поверхность которого оштукатуривают, делая ее непродуваемой.

Морозостойкость – способность материала сохранять свою прочность при многократном попеременном замораживании в водонасыщенном состоянии и оттаивании в воде. Для материалов, эксплуатируемых в условиях знакопеременных температур наружного воздуха (дорожные покрытия, бордюрные камни, стеновые материалы), морозостойкость является одним из важнейших свойств, обеспечивающих их долговечность. Разрушение материалов при их замораживании в водонасыщенном состоянии связано с образованием в порах льда, объем которого примерно на 9 % больше объема замерзшей воды. Поэтому если все поры в материале заполнить водой, то разрушение произойдет после первого цикла замораживания. Между тем материал способен противостоять морозному разрушению, что обусловлено в первую очередь присутствием в его структуре определенного объема замкнутых пор, в которые и отжимается часть воды под действием давления растущих кристаллов льда. Таким образом, главными факторами, определяющими морозостойкость материала, являются показатели структуры, от которых зависят степень насыщения водой и интенсивность образования льда в порах.

Воздухостойкость – способность материала длительно выдерживать многократное увлажнение и высушивание без деформаций и потери механической прочности. Природные и искусственные хрупкие каменные материалы (бетон, керамика), сжимающиеся при высыхании и расширяющиеся при увлажнении, разрушаются вследствие возникновения растягивающих напряжений. В подобных условиях работают дорожные покрытия, надводные части гидротехнических сооружений.

К основным теплофизическим свойствам, характеризующим отношение материала к тепловым воздействиям, относятся теплопроводность, теплоемкость, термостойкость, жаростойкость, огнеупорность, огнестойкость.

Теплопроводность – способность материала пропускать тепловой поток при условии разных температур поверхностей изделия.

Степень теплопроводности материалов характеризует *коэффициент теплопроводности* λ , Вт/(м·К), который равен количеству тепла, проходящего через стену из испытуемого материала толщиной 1 м площадью 1 м² за 1 ч при разности температур противоположных поверхностей стены 1 К.

Теплопроводность материала зависит от его вещественного состава, строения, характера пористости, температуры и влажности. Особенности структуры оказывают значительное влияние на теплопроводность. Например, если материал имеет волокнистое строение, то вдоль волокон тепло передается быстрее, чем поперек.

Теплоемкость – свойство материала, характеризующее его способность поглощать при нагревании определенное количество тепла. При охлаждении материалы выделяют тепло, причем тем больше, чем выше их теплоемкость. *Коэффициент теплоемкости* C , кДж/(кг·К), равен количеству тепла, необходимого для нагревания 1 кг материала на 1 К.

Теплоемкость неорганических строительных материалов (бетон, кирпич, природные каменные материалы) изменяется в пределах 0,75...0,92 кДж/(кг·К), для древесины она составляет 2,72 кДж/(кг·К), вода же имеет наибольшую теплоемкость – 4 кДж/(кг·К). Поэтому с повышением влажности материалов их теплоемкость возрастает. Этот показатель имеет большое значение при проверке теплоотдачи стен и перекрытий, расчете подогрева материалов для зимних работ.

Термостойкость – способность материала выдерживать без разрушений определенное количество резких колебаний температуры. Единицей измерения этого свойства, определяемого для многих теплоизоляционных и огнеупорных материалов, является количество теплосмен.

Жаростойкость – способность материала выдерживать температуру эксплуатации до 1 000 °С без нарушения сплошности и потери прочности.

Огнеупорность – способность материала выдерживать длительное воздействие высоких температур без деформаций и разрушения. По степени огнеупорности материалы подразделяют на *огнеупорные*, работающие без снижения свойств при температуре свыше 1 580 °С, тугоплавкие – 1 580...1 350 °С и *легкоплавкие* – ниже 1 350 °С. К огнеупорным материалам специального назна-

чения относятся шамотные (обожженная глина), диасовые (состоящие в основном из оксида кремния) и высокоглиноземистые (содержащие преимущественно оксид алюминия). Все они применяются в виде мелкоштучных кирпичей для внутренней футеровки промышленных тепловых агрегатов (доменные, сталеплавильные, стекловаренные печи, автоклавы и т.д.).

Огнестойкость – свойство материала, характеризующее его способность сопротивляться действию огня при пожаре в течение определенного времени. Ко всем материалам, используемым в строительстве, и особенно к тем, из которых выполняют несущие конструкции: стены, колонны, перекрытия, предъявляют требования по огнестойкости. Они зависят от категории здания (сооружения) по пожаробезопасности, определяемой СНиП, СНБ. Для оценки огнестойкости введен *показатель возгораемости*, основанный на трех признаках предельного состояния – потере несущей способности (снижении прочности и увеличении деформаций), теплоизолирующих свойств и сплошности. *Предел огнестойкости* конструкций и материалов характеризуется временем (ч) с начала теплового воздействия и до появления одного из признаков предельного состояния.

По возгораемости строительные материалы подразделяют на негоряемые, трудногоряемые и горяемые.

К *негоряемым* относят бетон, кирпич, сталь, природные каменные материалы.

Трудногоряемые – это материалы, которые под действием огня или высокой температуры с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются, но после удаления источника огня их горение и тление прекращается (фибролит, состоящий из древесных стружек и цементного камня, асфальтобетон, некоторые полимерные материалы).

Сгораемые материалы при контакте с огнем загораются и горят открытым пламенем даже в случае ликвидации источника огня (древесина, битум, полимерные материалы).

При действии звука на материал проявляются его **акустические свойства**. По назначению акустические материалы делят на четыре группы: звукопоглощающие, звукоизолирующие, виброизолирующие и вибропоглощающие.

Звукопоглощающие материалы предназначены для поглощения шумового звука. Их основной акустической характеристикой является величина *коэффициента звукопоглощения*, равная отношению количества поглощенной материалом звуковой энергии к общему количеству звуковой энергии, падающей на поверхность материала в единицу времени. Звукопоглощающими материалами называют те, у которых коэффициент звукопоглощения больше 0,2. Эти материалы обладают открытой пористостью или имеют шероховатую, рельефную поверхность, поглощающую звук.

Звукоизолирующие материалы применяют для ослабления ударного звука, передающегося через строительные конструкции здания из одного помещения в другое. Оценку эффективности звукоизоляционных материалов проводят по двум основным показателям: *динамическому модулю упругости* и *относительной сжимаемости под нагрузкой* (%).

Виброизолирующие и *вибропоглощающие* материалы предназначены для предотвращения передачи вибрации от машин и механизмов к строительным конструкциям зданий.

Вопросы для самопроверки

1. Какие основные свойства характеризуют качество материала и определяют область его применения?
2. Классификация основных свойств материалов.
3. Свойства материалов по отношению к действию воды.
4. Что называется водопоглощением и как оно определяется?
5. Как меняются свойства материалов в зависимости от изменения влажности? Приведите примеры.
6. Что называется коэффициентом размягчения?
7. Приведите примеры водонепроницаемых материалов.
8. Свойства материалов по отношению к действию тепла и холода.
9. Какие материалы называются морозостойкими?
10. Что называется теплопроводностью материала?
11. Какие факторы оказывают влияние на теплопроводность материала?
12. На какие группы делятся строительные материалы по огнестойкости? Приведите примеры по каждой группе.

13. Приведите примеры огнеупорных, тугоплавких и легкоплавких материалов.
14. Какие строительные материалы хорошо работают на сжатие и изгиб?
15. Как определить прочность бетона с разрушением и без разрушения образцов?
16. Приведите примеры упругих и пластичных строительных материалов.
17. Что такое долговечность материала и как ее определяют?
18. Теплотехнические свойства материалов.
19. Определение пластичности материала.
20. Что происходит с материалом во время механических нагрузок?
21. Дайте определение твердости и износу материала.
22. Химические свойства материала.
23. Что такое адгезия?
24. Физические свойства материала.
25. Дайте определение морозостойкости.
26. Какой материал называют гидрофильным?
27. Что относится к основным теплофизическим свойствам материала?

2. ВИДЫ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

2.1. Керамические материалы и изделия

В курсе «Строительные материалы» рассматривается строительная керамика, основными изделиями которой являются: кирпич обыкновенный и эффективный (пористый и пустотелый), черепица кровельная, трубы дренажные и канализационные, плитки и другие облицовочные изделия (терракота, майолика, блоки и др.), плитки для пола, кирпич дорожный (клинкер), изразцовые плитки, санитарно-технические изделия, керамзитовый гравий и др. Технология изготовления большинства изделий строительной керамики сравнительно проста, а повсеместное распространение глин, обладающих пластическими свойствами, обусловило самое широкое применение керамических материалов в промышленном, жилищном и гражданском строительстве. Широкому использованию керамических строительных материалов способствует также их высокая огнестойкость, значительная механическая прочность, химическая стойкость, умеренная теплопроводность и морозостойкость.

Керамические материалы и изделия принято классифицировать в зависимости от основного назначения на следующие группы: стеновые материалы, кирпич и камни строительные специального назначения, изделия керамические пустотелые для перекрытий, для облицовки фасадов зданий, изделия керамические канализационные и дренажные, изделия керамические кислотоупорные и футеровочные. В этих материалах и изделиях следует четко разбираться, изучив их не только по учебной литературе, но и по строительным нормам и правилам (СНиП).

Обыкновенный кирпич (особенно облегченный) продолжает оставаться важным строительным материалом, поэтому изучению его свойств, технологии переработки сырья и другим смежным вопросам необходимо уделять достаточное внимание. Были разработаны конструкции панелей из кирпича, утеплителем в которых служил слой фибролита, пеностекла, пенокералита или других теплоизоляционных материалов с малым коэффициентом теплопроводности. Кирпич используется также в крупных блоках. Каждый такой блок может заменить до 500 штук кирпича стандартного

размера и более, что повышает производительность труда при кладочных работах, снижает стоимость кладки.

В нашей стране была создана мощная керамическая промышленность, оснащенная передовой техникой, внедрены новейшие машины по переработке глин, вакуумные прессы, высокопроизводительные прессы для полусухого прессования кирпича, усовершенствованные конструкции туннельных печей, сушил, разработаны новые технологические схемы производства. Так, например, на заводах сейчас работают башенные распылительные сушилки и сушильно-глазурированные конвейеры по обжигу плиток.

Значительное место в строительной керамике занимают керамические изделия, которые предназначены украшать здание или дополнять его архитектуру.

Производство пористых заполнителей из легкоплавких глин (керамзитов) приняло в настоящее время массовый характер, так как позволяет производить эффективные легкие бетоны в тех районах страны, где отсутствуют запасы природного камня, особенно пористого – туфа, пемзы и т.п.

Изготовление керамики, основанное на использовании пластических свойств сырья, постепенно вытесняется производством, основанным на применении высоких и сверхвысоких давлений при прессовании сырца. Необходимость повышенной пластичности исходного сырья тогда отпадает, так как пластическое формирование заменяется полусухим прессованием изделий. При этом получаемые готовые изделия продолжают оставаться керамическими, поскольку они по-прежнему подвергаются обжигу в печах.

Вначале принцип прессования нашел отражение в производстве магнезитовых и динасовых огнеупорных и санитарно-фаянсовых изделий. В связи с развитием техники потребовались более современные виды керамических материалов, отличающихся рядом

специфических свойств (высокая прочность, устойчивость при высоких и сменяющихся температурах, износостойкость). Эта новая керамика востребована, в частности, в реактивной авиации и ракетостроении. Для получения чистых сплавов и редких металлов в металлургии необходима специальная керамическая обмуровка тиглей, отличающаяся большой химической стойкостью при высоких температурах. Для атомной промышленности требуется кера-

мика с определенными ядерными свойствами в сочетании с огнеупорностью, термостойкостью и коррозионной стойкостью. Поэтому современная техническая или специальная керамика основывается на новых разновидностях сырья, а роль глины и отчасти каолина в ее производстве резко упала. Важнейшей разновидностью сырья для технической керамики являются химически чистые оксиды, получаемые искусственным путем; среди них оксид бериллия, двуокись циркония, оксид магния, окись кальция, двуокись тория и др., а также некоторые смеси оксидов, например окиси алюминия и магния (шпинель), оксиды циркония и кремния (циркон) и т.д. Чем чище применяемые оксиды, тем выше, как правило, огнеупорность получаемых керамических изделий.

Технология керамики чистых оксидов и металлокерамики подобна технологии обычной керамики (изделия формуются из порошкообразного сырья и обжигаются при требуемой температуре), однако имеет и специфические стороны, связанные с необходимостью использования высокодисперсного исходного сырья (1–2 мкм) [1, с. 111–135].

Вопросы для самопроверки

1. Как образуются глины? Химический и минеральный состав глин.
2. Классификация глин по условиям образования и степени огнеупорности.
3. Основные свойства глин; пластичность, отношение к сушке и нагреванию.
4. Как определить огнеупорность глины?
5. Что такое отощающие добавки и для каких целей их применяют в керамическом производстве?
6. Для чего в глину вводят выгорающие добавки и что используют в качестве добавок?
7. Какие керамические материалы имеют пористый черепок, а какие – плотный?
8. Какова общая технологическая схема производства керамических изделий?
9. Два основных метода производства кирпича и их особенности.
10. Как изменяется температура в печи при обжиге кирпича?

11. Основные свойства кирпича и требования, предъявляемые к его качеству.
12. Какие стеновые блоки изготавливают из кирпича?
13. Какие существуют эффективные керамические изделия?
14. Марки и свойства пустотелого кирпича пластического формования и полусухого прессования.
15. Какие основные керамические изделия изготавливают для внутренней облицовки стен и какие требования предъявляют к их качеству?
16. Основные виды керамических изделий для наружных облицовок.
17. Как производят и где применяют керамзит?
18. Какие существуют огнеупорные керамические материалы?
19. Особенности изготовления санитарно-технической керамики.
20. Керамика высшей огнеупорности.

2.2. Стекло и плавные изделия

Данная группа объединяет строительные материалы, получаемые путем переохлаждения расплавов. В ней представлены неорганические стекла, изделия из плавных горных пород и шлаков.

Изучение программного материала следует начать с выяснения вопроса о структуре стекол и сходных с ними материалов. Эти материалы характеризуются аморфной структурой, образующейся в результате быстрого увеличения вязкости расплава при его охлаждении в условиях, неблагоприятных для процесса кристаллизации. Атомы и молекулы этих тел не ориентированы по отношению друг к другу, вследствие чего неорганические стекла и литые камни отличаются неупорядоченностью и неоднородностью внутреннего микростроения.

В строительстве используют в основном силикатные стекла, главнейшими стеклообразующими компонентами которых являются диоксид кремния, а иногда также оксид алюминия в алюмосиликатных стеклах и борный ангидрид – в боросиликатных.

Основным сырьем для изготовления стекла служит кварцевый песок, объединяемый в ходе варки стекла с известняком и содой

или сульфатом натрия. Эти исходные сырьевые материалы, а также некоторые дополнительные компоненты, поступающие в расплав, обуславливают химический состав, особенности структуры и свойства стекол. В формировании свойств этой группы материалов и изделий большую роль играют технологические режимы термической, химической и механической обработки, высокотемпературной варки стекломассы и механизированной резки листового стекла.

После изучения общих свойств стекол рекомендуется перейти к рассмотрению отдельных разновидностей стекольной продукции, применяемой в строительстве. Из стекломассы вырабатывается следующая продукция: стекла окопные, стеклянные трубы, стеклянные пустотелые блоки и панели, пеностекло, архитектурно-строительное стекло, стеклопрофилит, узорчатое и армированное стекло, мозаичные плитки, стеклянные волокна и изделия из этого волокна. В последнее время изготавливаются специальные разновидности стекол для защиты от вредных или слишком ярких излучений, от теплового (инфракрасного) излучения – стекла, устойчивые к радиоактивным излучениям и нейтронам. Большое значение приобрела новая продукция стекловарения – «пирокерам», или ситалл. Эти стекла, получаемые путем закристаллизовывания, обладают повышенной жаростойкостью и механической прочностью. Распространено также пленочное и чешуйчатое стекло.

При знакомстве с каменным литьем необходимо более детально изучить способы получения и свойства базальтина, который вырабатывают путем плавления базальтовых и диабазовых пород, а также белой (светлой) разновидности литого камня, получаемого сплавлением кварцевого песка и доломита с добавкой плавикового шпата и последующим отжигом отлитых изделий.

Литье из шлаков, в основном доменных, завершает данный раздел курса. Из доменных шлаков изготавливают бруски, литые плиты, бортовой камень, щебень, фасонные изделия, а по специальной технологии – термозит и шлаковую вату. В отдельных случаях для литья применяют мартеновские, ваграночные, медеплавильные и некоторые другие виды шлаков. Получил также распространение шлакоситалл [1, с. 136–153].

Вопросы для самопроверки

1. Из каких сырьевых материалов производят стекло?
2. Какие строительные изделия изготавливают из стекломассы?
3. Какие виды оконного стекла предусмотрены стандартом?
4. Какие компоненты делают стекло устойчивым к радиоактивному излучению?
5. Какие стекла называются теплопоглощающими и какова роль оксидов железа при их изготовлении?
6. Где применяют кварцевые стекла и каковы их технические свойства?
7. Что такое ситаллы и шлакоситаллы? Каковы их свойства?
8. Какими свойствами обладают изделия из стеклянного волокна?
9. Каковы технические свойства изделий из плавленого камня?
10. Какие материалы и изделия изготавливают на основе доменных и других видов шлака?

2.3. Неорганические вяжущие вещества

Среди неорганических вяжущих веществ цементы занимают ведущее положение. На их применении основано новое промышленное производство – заводское изготовление сборного железобетона, а также изготовление монолитного и сборно-монолитного бетона и железобетона.

Изучение неорганических вяжущих веществ следует начинать с классификации, в соответствии с которой эти материалы разделяются на две группы: воздушные и гидравлические. По химическому составу и технологии производства воздушные вяжущие вещества относятся к более простым материалам, и поэтому рекомендуется начать изучение неорганических вяжущих с этой группы веществ. К ней относятся воздушная известь, гипсовые и магнезиальные вяжущие вещества, а также растворимое стекло.

Уяснив разновидности, основные свойства и область применения воздушных вяжущих веществ, необходимо в такой же последовательности изучить и вторую группу – гидравлические вяжущие материалы. В ней представлены портландцемент; специальные портландцементы – быстротвердеющий, белый, цветной,

гидрофобный, пластифицированный, сульфатостойкий, тампонажный и дорожный, а также цемент с умеренной экзотермией, глиноземистый – обыкновенный, расширяющийся и безусадочный; смешанные цементы – пуццолановый и шлаковый портландцементы, цементы на известковой основе, сульфато-шлаковые и кислотоупорные цементы. К этой же группе относятся практически не изготавливаемые сейчас романцемент и гидравлическая известь.

Обширная номенклатура цемента будет пополняться и в дальнейшем. В дорожном, аэродромном и других видах строительства получают применение полимерцементы, повышающие плотность и эластичность бетонов. В огнеупорной промышленности требуются жароупорные цементы, в нефтяной и газовой – специальные тампонажные и расширяющиеся цементы и т.п.

Для производства смешанных цементов необходимы порошкообразные активные минеральные вещества (добавки). В дальнейшем изучают отдельные природные (пуццолан, диатомит и др.) и искусственные (доменный шлак, глинит и др.) добавки.

При изучении свойств воздушных и гидравлических веществ студент должен ознакомиться с методами испытания и оценки их качества.

Если теоретическая подготовка по этому разделу курса строительных материалов совпадает с прохождением лабораторного практикума, то изучение методов испытания вяжущих веществ проходит в лаборатории. Студент пользуется наглядными пособиями и приборами и сравнительно легко усваивает специфику определения прочностных характеристик и физических свойств цементов, гипсов и других вяжущих веществ. Если теоретическая подготовка по вяжущим веществам не совпадает с периодом прохождения лабораторных занятий, то студентам необходимо проработать кроме рекомендованных учебников соответствующий раздел пособия по лабораторному практикуму и воспользоваться ГОСТами.

После начальной стадии проработки раздела «Неорганические вяжущие вещества» студенту следует перейти к изучению более сложных вопросов. К этим вопросам относятся: физико-химические основы производства минеральных вяжущих веществ; зависимость основных свойств вяжущих от их химико-

минералогического состава; теория твердения минеральных вяжущих веществ, переведенных в тестообразное состояние: химическая стойкость вяжущих веществ к воздействию внешней среды.

О физико-химических основах производства минеральных вяжущих веществ студенты строительных специальностей должны иметь достаточное представление, чтобы уяснить процессы перехода сырья, не обладающего цементирующей способностью, в готовый продукт с резко выраженными вяжущими свойствами. Необходимо законспектировать основные сведения о сырьевых материалах вяжущих веществ. Затем важно разобраться в принципиальной схеме технологии изготовления минеральных вяжущих веществ и особо выделить центральную операцию – обжиг сырья или сырьевой смеси. При обжиге для одной группы вяжущих веществ характерны только реакции в твердой фазе (получение извести, романцементов); для другой – появление на определенной стадии обжига жидкой фазы и, следовательно, ускорение химических реакций, протекающих вначале только в твердой фазе (получение портландцемента, глиноземистого и других цементов). Для гипсов и некоторых других вяжущих веществ наиболее характерными при обжиге или нагреве сырья являются структурные превращения, с сущностью которых следует ознакомиться. Особое внимание уделяют производству цемента сухим способом на основе новейшей технологии ускоренными темпами.

Необходимо также выяснить назначение помола продукта обжига и зависимость качества порошкообразных вяжущих материалов от степени их дисперсности в результате механического измельчения. Наконец, нужно вкратце ознакомиться с особенностями как изготовления отдельных вяжущих веществ, так и протекания химических и физико-химических процессов в печах или в специальных аппаратах с химическим и минеральным составами главнейших неорганических вяжущих веществ.

При изучении процессов твердения неорганических вяжущих веществ после их затворения с водной средой или водными растворами некоторых солей следует принять за основу обобщенную теорию акад. Л.А. Байкова и разобраться в сущности рассматриваемых им трех периодов твердения каждого вяжущего вещества. Чтобы лучше понять основные положения этой теории, важно проследить (с записью реакций на бумаге) за периодами твердения –

речь идет о тестообразном состоянии – портландцемента, извести, гипса, магнезиальных вяжущих веществ и глиноземистого цемента. Желательно ознакомиться с современными представлениями о процессах твердения вяжущих веществ, которые уточняют и развивают отдельные положения теории А.А. Байкова.

С теорией твердения непосредственно связаны специфические вопросы формирования структуры, свойств, коррозионной стойкости затвердевшего цементного теста (цементного камня). Цементный камень и, следовательно, цементный бетон или раствор, находясь в сооружении, может противостоять коррозионному воздействию внешних факторов при условии своевременного предотвращения возможных процессов разрушения структуры материала. Среди внешних факторов выделяют действие напорной пресной воды, длительное воздействие минерализованной, например морской, воды, влияние кислых вод и кислот, а также некоторых других вредных сред (растворов сахара, серных газов и др.). Необходимо научиться записывать важнейшие реакции взаимодействия основных продуктов твердения вяжущих веществ с реакционно-активными компонентами внешней среды. Кроме того, студент должен знать о мерах, направленных на торможение или полное исключение процессов коррозии цементного камня (бетона, раствора). При изучении свойств портландцементного камня важно выяснить относительную роль компонентов клинкера – алита, белита и других соединений.

Этот раздел курса изучается при чтении учебников и дополнительной литературы, так и при посещении лекций в период лабораторно-экзаменационной сессии студентов-заочников. Темы о научных основах производства минеральных вяжущих веществ, о коррозии и мерах по ее предотвращению обычно вносят в тематические планы лекционных занятий.

Изучение влияния внешней среды на химическую стойкость цемента и других минеральных вяжущих веществ является завершающим этапом проработки этого раздела курса [1, с. 190–227].

Вопросы для самопроверки

1. Какие материалы называют неорганическими вяжущими веществами?

2. На какие виды делят неорганические вяжущие вещества? Область их применения.

3. Основные свойства и область применения воздушных вяжущих веществ.

4. Какова технология производства воздушной извести?

5. Чем отличается воздушная известь от гидравлической?

6. Производство строительного гипса, его свойства и применение.

7. Чем отличается высокопрочный гипс от строительного?

8. Какова особенность ангидритовых вяжущих веществ?

9. Какова технологическая схема производства воздушной извести?

10. В каком виде воздушная известь применяется в строительстве?

11. Где применяются магнезиальные вяжущие вещества?

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

13. Какие вещества называют гидравлическими вяжущими и какие химические соединения придают им гидравлические свойства?

14. Какие материалы применяют в качестве сырья для производства портландцемента?

15. Технологическая схема сухого способа производства портландцемента.

16. Каков химико-минералогический состав портландцемента и от чего он зависит?

17. Применение добавок в портландцемент при помоле клинкера.

18. Основные свойства портландцемента.

19. Сущность обобщенной теории твердения портландцемента и других вяжущих веществ, созданной А.А. Байковым.

20. Виды коррозии цементного камня и меры борьбы с ней.

21. Основные сведения о применении, хранении и транспортировании цемента.

22. Что такое пуццолановый портландцемент и с какими гидравлическими наполнителями его изготавливают? Свойства и область применения пуццоланового портландцемента.

23. Шлаковый портландцемент и шлаковые цементы, их свойства и применение.

24. Чем отличаются пластифицированный и гидрофобный портландцементы от обычного портландцемента?

25. Глиноземистый цемент, его свойства и применение.

26. Расширяющиеся и безусадочные цементы, области их применения.

27. Выбор цемента (с учетом технико-экономической эффективности).

2.4. Бетоны и строительные растворы

Бетоны занимают ведущее положение среди материалов, применяемых в современном строительстве. Производство сборных железобетонных конструкций и деталей увеличивается. Так, в 1980 г. заводское изготовление железобетонных конструкций и деталей увеличилось в 1,2 раза, организовано массовое производство высококачественных железобетонных и других труб, панелей, строительных конструкций и изделий без применения металла. Разработаны и внедрены в строительство сборные напряженно-армированные конструкции заводского изготовления. Предварительное натяжение арматуры в железобетонных конструкциях осуществляется различными способами: натяжением высокопрочной проволоки или стержней до бетонирования с передачей силы натяжения на формы или на упоры стенда; натяжением пучков или стержней после затвердевания бетона с передачей силы натяжения на конструкции; установкой в конструкциях готовых предварительно напряженных элементов в виде балок, плит, струнбетонных досок и брусков; непрерывным армированием на поворотных столах или с помощью навивочных машин и станков (в частности, при армировании типовых элементов конструкций – подкрановых балок, панелей, шпал и др.).

Наряду с натяжением арматуры механическим способом получает распространение метод электротермического натяжения. По этому способу прутья арматуры предварительно нагревают до получения необходимого удлинения, а затем устанавливают в упоры бортов формы. Остывая, они напрягаются. Широкое при-

менение получает способ ускорения твердения бетонов посредством контактного прогрева под полимерными пленками.

При производстве бетонных и железобетонных деталей и конструкций одной из важных задач является всемерное снижение расхода цемента и, следовательно, себестоимости заводской продукции. В дополнении к общеизвестным основным задачам экономии цемента в бетонах, указанных в специальных инструкциях и учебниках, в настоящее время назрели вопросы изменения технологии приготовления бетонов и растворов, которые должны повысить их физико-механические свойства и существенно снизить удельный расход портландцемента на 1 м³ готовой продукции.

Отечественная и мировая наука о бетонах развивается в направлении создания высокопрочных бетонов, наибольшей экономичности бетона, уточнения теории и практики зимнего бетонирования, повышения коррозиестойкости и долговечности бетона, получения новых видов автоклавного твердения и максимального расширения выпуска легких и ячеистых бетонов, в том числе армированных, кислотоупорного и жаростойкого бетонов, внедрения жестких и сверхжестких бетонных смесей, максимального использования в технологии бетона доменных шлаков и агломерационных зол, а также искусственных легких заполнителей, разработки новых и совершенствования действующих технологических схем производства сборного железобетона, особенно крупнопанельных и других крупноразмерных деталей зданий и сооружений, с помощью вибропрокатных станков, стационарных кассетных установок, виброштампования и т.п.

В больших масштабах проводятся работы по дальнейшему использованию бетона для защиты от радиации, нейтронных излучений. Ядерные свойства бетонов повышаются при применении очень крупных заполнителей, при использовании заполнителей с большим количеством химически связанной воды, например лимонитов, серпентина, а также при введении в бетон добавок, имеющих большое поперечное сечение захвата нейтронов (соли бора, лития, кадмия и др.).

К изучению данного раздела курса, посвященного бетонам и изделиям из них, следует приступать после усвоения предыдущих разделов, особенно раздела о вяжущих неорганических веществах.

Вначале необходимо усвоить понятия «бетон» и «железобетон», классификацию бетонов по плотности, виду вяжущего вещества и назначению, а также изучить основные технологические требования, предъявляемые к бетонам различного назначения. На первом этапе изучения особенно важно знать способы определения прочностных показателей бетона и пластичности (подвижности) бетонной смеси. Особое внимание необходимо уделять выяснению закономерностей изменения прочности бетона и пластичности (подвижности) бетонной смеси. Эти закономерности лежат в основе расчета состава бетона заданной прочности. Затем можно перейти к изучению усадочных явлений в бетоне, характеристикам плотности, водонепроницаемости, морозостойкости, огнестойкости, жароупорности.

Расчет состава бетона производится во время лабораторных занятий, но принципы расчета необходимо уяснить при теоретической проработке курса. В настоящее время найдены обобщающие формулы прочности, которые применяют для всех материалов, обладающих структурой, сходной с бетонами (т.е. конгломератным типом структуры). Они позволяют с достаточной точностью строить прогнозы о максимально возможной прочности бетона при использовании заданных исходных материалов и технических условий.

Следует познакомиться с методами подбора составов бетона, отражающими современные способы производства сборных бетонных и железобетонных изделий, с методами подбора составов пластичных и жестких бетонных смесей, пропариваемого бетона и т.д., а также выяснить специфику подбора состава легких и ячеистых бетонов.

Необходимо четко разобраться в комплексе производственных факторов и влиянии их на формирование свойств бетонной смеси и бетонного монолита, в характере отдельных технологических операций, а также уяснить принципиальную технологическую схему изготовления бетонной смеси и изделий из бетона и железобетона, температурные и влажностные условия ускоренного твердения бетона.

Далее следует рассмотреть технологические схемы производства сборного железобетона – конвейерную, поточно-агрегатную и стендовую – с выяснением разновидностей каждой схемы. Важно

отметить, что в основе экономичного заводского производства железобетонных изделий лежит массовое производство стандартных изделий с ограниченным числом типоразмеров. Необходимо знать основные виды сборных железобетонных конструкций и деталей, применяемых в строительстве, в том числе пространственные тонкостенные элементы, укрупненные сборные конструкции, тонкие ребристые преднапряженные панели и т.п.

С устранением двух существенных недостатков, присущих обычным бетонам, т.е. большой массы и низкой теплоизоляции, большое развитие получили работы в области легких и ячеистых, в том числе и армированных, бетонов. Следует разобраться в разновидностях этих бетонов и особенностях теории прочности легких и ячеистых бетонов.

Завершающим этапом изучения раздела о бетонах являются вопросы технического прогресса в производстве и применении сборных железобетонных конструкций и специальных бетонов [1, с. 252–302].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое бетон и железобетон? Из каких материалов их готовят?
2. Основные области применения бетона и железобетона.
3. Классификация бетонов по плотности.
4. Какие требования предъявляют к песку, идущему для приготовления бетона?
5. На какие группы делят песок по крупности зерна?
6. Как произвести выбор крупного заполнителя для бетона разного назначения?
7. Какие требования предъявляют к крупному заполнителю?
8. Какую воду применяют для приготовления бетонной смеси? Требования, предъявляемые к воде для бетона.
9. Назовите основные свойства обыкновенного бетона.
10. Какие факторы влияют на прочность бетона?
11. Как определить подвижность и удобоукладываемость бетонной смеси? Какие факторы влияют на эти свойства?
12. Какие дополнительные требования предъявляют к бетонной смеси? Какие факторы влияют на эти свойства?

13. Воспроизведите схему расчета состава обыкновенного (тяжелого) бетона заданной прочности и подвижности.

14. Как подсчитать расход материала на определенную емкость бетоносмесителя, зная номинальный состав бетона по массе?

15. Какие требования предъявляют к дозировке материалов?

16. Как и для каких целей определяют коэффициент выхода бетонной смеси?

17. Как осуществляется транспортирование бетонной смеси?

18. Какие применяют способы уплотнения бетонной смеси?

19. Что представляет собой бетонный завод, выпускающий товарный бетон? Основное оборудование и хозяйство такого завода.

20. В чем заключается контроль качества бетонной смеси и бетона?

21. Какие существуют методы ухода за бетоном в сооружении?

22. Влияние высоких и низких температур на твердение бетона.

23. Каким условиям должна удовлетворять бетонная смесь для зимних работ?

24. Какие существуют методы зимнего бетонирования?

25. Расскажите об усадочных явлениях, водонепроницаемости, морозостойкости, огнестойкости бетона и его защитных свойствах от нейтронных излучений.

26. Каковы технологические и конструктивные меры защиты бетонных сооружений от коррозии?

27. Из каких основных технологических операций состоит процесс изготовления железобетонных изделий?

28. Какая арматура (металлическая и неметаллическая) применяется в железобетоне? Ее марки и основные характеристики.

29. Какие существуют технологические схемы производства сборных бетонных и железобетонных конструкций и деталей и какие технологические особенности присущи каждой схеме?

30. Каковы пути снижения стоимости бетонных и железобетонных конструкций?

31. Расскажите о сущности предварительного напряжения арматуры в бетонных и железобетонных конструкциях.

32. Что такое армоцемент и для каких конструкций он применяется?

33. Каковы особенности перевозки и хранения железобетонных конструкций?
34. Разновидности легких бетонов.
35. Какие заполнители применяют для легких бетонов и каковы требования, предъявляемые к ним?
36. Изделия из легких бетонов и область их применения.
37. Что такое пенобетон и газобетон? Область их применения.
38. Какие бетоны называют поризованными?
39. Что представляет собой самоуплотняющийся железобетон?

Строительные растворы

По своей структуре такие растворы являются мелкозернистым бетоном. Принципиального различия между строительным раствором и цементным бетоном не существует, однако строительные растворы, обладая значительно большей удельной поверхностью заполнителя, которым является песок, укладываются тонкими слоями и твердеют, как правило, на пористом основании.

В строительных растворах необходимо широко применить водоудерживающие порошкообразные наполнители и поверхностно-активные добавки. Влиянию добавок на основные свойства строительных растворов следует уделить особое внимание. Строительные растворы подразделяются по плотности на тяжелые и легкие, по виду вяжущего – на цементные, известковые, гипсовые и смешанные, по назначению – на кладочные, отделочные и специальные. Растворы маркируются по прочности на сжатие (от 4 до 300) и по морозостойкости (от 10 до 300).

Растворы представляют определенный интерес как конструкционный материал, поэтому необходимо подробнее изучить возможности и преимущества применения «песчаного бетона», особенно в тонкостенных бетонных конструкциях.

Состав строительного раствора, как и бетона, рассчитывают и подбирают обычно во время лабораторных занятий. Однако принципы назначения и расчета состава строительного раствора и песчаного бетона (конструкционного раствора) студенты осваивают в период изучения теоретического курса с конспектированием основных положений.

Растворные смеси изготавливают двух видов: готовые растворы необходимой подвижности, пригодные для употребления, и сухие

растворные смеси, требующие перед употреблением смешивания с водой, а в необходимых случаях – введения добавок. Раствор производится, как правило, на бетонорастворном заводе или растворо-смесительном узле. Готовый продукт должен обладать достаточной однородностью состава.

Отделочные растворы применяют для обычных и декоративных штукатурок. При выборе вяжущего вещества для строительного раствора учитывают производственное назначение штукатурки. Для декоративных растворов применяют, кроме обычных вяжущих веществ, белые и цветные портландцементы. В этом случае заполнителями служат не только промытые кварцевые пески, но и искусственные пески – помол мрамора, доломита, гранита и др., а также добавки слюды или дробленого стекла для придания отделочному слою блеска.

Специальные растворы используют для заполнения швов между элементами сборных железобетонных конструкций, инъекции, устройства полов, гидроизоляции, тампонирувания скважин, водоносных трещин и пустот в горных породах, для акустических и рентгенозащитных целей. Студентам следует ознакомиться с приготовлением и свойствами этих специальных растворов, способами их применения [1, с. 303–312].

Вопросы для самопроверки

1. Какие существуют разновидности строительных растворов и чем они отличаются от бетона?
2. Каковы основные свойства растворов?
3. От чего зависит прочность раствора и какой формулой выражается эта зависимость?
4. Как меняются свойства строительных растворов при введении в них пластифицирующих добавок?
5. Как определить подвижность растворной смеси?
6. В какой последовательности проводят подбор состава строительного раствора?
7. Особенности подбора состава сложных строительных растворов.
8. Что представляют собой декоративные штукатурки?
9. Чем отличаются штукатурные растворы от кладочных?

10. Какие требования предъявляют к заполнителям и пигментам, используемых для получения цветных растворов?
11. Как готовят строительные растворы на заводе?

2.5. Битумные и дегтевые вяжущие вещества и материалы на их основе

В нашей стране на нужды строительства выделяют свыше одной пятой государственного бюджета. Но задача состоит не только в том, чтобы обеспечить выполнение планов капитального строительства. Необходимо добиться резкого повышения долговечности конструкционных материалов, обеспечить работу строительной конструкции в наиболее благоприятных условиях, по возможности независимых от гидрологических и климатических факторов. Такие условия создаются с помощью гидроизоляционных покрытий.

Кровля может рассматриваться как разновидность гидроизоляционных покрытий. Поэтому кровельные и гидроизоляционные материалы рекомендуется представить в общей классификации.

С давних времен для гидроизоляции использовали природный битум и некоторые виды ископаемых смол (копал и янтарь). Природный битум является до сих пор одним из наиболее надежных гидроизоляционных материалов. Позднее широкое распространение получили нефтяные битумы и дегти (каменноугольные, сланцевые). Кровельные и гидроизоляционные битумы и дегтевые материалы продолжают оставаться дешевыми и доступными, хотя в качественном отношении более предпочтительны гидроизоляционные материалы на основе синтетических смол. Быстрое развитие химической промышленности в нашей стране позволит в ближайшее время широко использовать пластические массы для гидроизоляции. В настоящее время битумные и дегтевые кровельные и гидроизоляционные материалы по-прежнему занимают доминирующее положение в строительстве.

Материалы этой группы по признакам физического состояния и внешнего вида подразделяются на жидкие, пластично-вязкие, упруговязкие и твердые. Жидкие материалы, в свою очередь, подразделяются на пропиточные, инъекционные, пленкообразующие и грунтовочные. Их применяют в горячем, теплом и холодном со-

стоянии. Пластично-вязкие материалы подразделяются на обмазочные (мастики и пасты), обмазочно-уплотняемые (растворы и бетоны), приклеивающие (мастичные и коллоидные), затирочные и шпаклевочные. Их также применяют в горячем, теплом и холодном состоянии. Упруговязкие и твердые материалы, сгруппированные вместе, применяются в холодном состоянии и подразделяются на рулонные (безосновные и основные) и пленочные, штучные и насыпные. Следует разобраться в конкретном функциональном назначении этих групп материалов.

Студентам необходимо кратко ознакомиться с важнейшими разновидностями кровельных и гидроизоляционных материалов и учесть, что почти в каждый из них входят в качестве основных компонентов битумные и дегтевые вещества.

В настоящее время битум является наиболее распространенным пропиточным и инъекционным материалом. Для горячей пропитки и инъекции (пропитка под давлением) применяют вязкие битумы, для холодной – жидкие битумы и битумные эмульсии. Дегти для пропитки и инъекции применяют реже.

К сравнительно простым пленкообразным веществам, наносимым на поверхность с целью изоляции от воды и других корродирующих сред, относятся лаки на битумной или асфальтовой основе, а также дегтевый каменноугольный лак, или кузбаслак. Находят применение и битумно-алюминиевые эмали, а нередко и горячие пленкообразующие вещества – вязкий битум 2-й или 3-й марки.

Для обмазочной гидроизоляции используют битумные и дегтевые пасты и мастики, особенно глинобитумные пасты, но пасты с известковым эмульгатором более водостойки. Студентам необходимо ознакомиться с марками битумных и дегтевых (горячих и холодных) мастик, выпускаемых нашей промышленностью. При этом следует отметить, что в последнее время разработчиками был предложен битумно-дегтевый материал, названный гудрокамом. Этот комбинированный материал, получаемый по особой технологии, является более биостойким, чем битумы, и имеет повышенную эластичность и адгезионную (клеящую) способность. На основе гудрокама (и гудропека) можно выработать мастику, обладающую повышенными качествами по сравнению с битумным и дегтевыми мастиками.

К обмазочно-уплотняемым материалам с применением битумов и дегтей относятся асфальтобетоны. Они сравнительно часто используются при изготовлении кровли и гидроизоляции. Наибольшее применение получили асфальтовые растворы – для обмазки горизонтальных и наклонных поверхностей и для нанесения на вертикальные поверхности в виде штукатурных слоев.

Среди разных мастик широкое применение нашли битумные и битумно-полимерные, хотя для приклеивания пленочных материалов используются клеевые мастики на основе полимеров.

Особое внимание необходимо уделить изучению твердых и упруговязких (т.е. эластичных) материалов этой группы. К ним относятся рулонные битумные материалы безосновные и основные, беспокровные и покровные. Студентам следует законспектировать основные данные об их свойствах, видах выпускаемой продукции и общие сведения по технологии производства. Промышленностью выпускаются следующие материалы: пергамин, рубероид обычный, рубероид подкладочный (РМП), стеклорубероид, гидроизол, металлоизол, бризол, изол; с применением дегтя – толь беспокровный, толь с крупнозернистой посыпкой, толь марок ДБ (т.е. с покрытием битумом).

К штучным материалам, изготавливаемым на основе битума, относятся армированные маты, рубероид листовой и плитный, асфальтовые плиты и доски, а к насыпным или рыхлым – гидрофобный порошок и гидрофобная земля.

В этой же группе представлены герметизирующие материалы (герметики). Они могут быть твердыми, эластичными и пластичными. Как правило, их изготавливают с применением полимерных материалов (каучуков, битумкаучуков и др.) [1, с. 345–353].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите битумные, дегтевые кровельные и гидроизоляционные материалы, применяемые в строительстве.
2. Чем отличается толь от рубероида? Какой материал выпускается промышленностью больше и почему?
3. Какие имеются виды и марки рубероида и пергамина, толя кровельного и подкладочного, а также стеклорубероида?
4. Чем посыпают толь и рубероид и какое значение имеет посыпный слой?

5. В чем отличие «бронированного» рубероида от обычного?
6. В каком порядке укладывается многослойная мягкая кровля из битумных или дегтевых рулонных материалов?
7. Что представляют собой приклеивающие и покровные мастики для рулонных кровельных материалов и в зависимости от каких условий подбирается состав мастики? Расскажите о видах и марках мастик.
8. Что такое гидроизол и где он применяется?
9. Что такое гудрокам и для каких целей он используется?
10. Какие существуют гидроизоляционные материалы на тканевой и металлической основе?
11. Какой может быть гидроизоляционная штукатурка?
12. Для каких целей применяют герметики и какие имеются разновидности этих материалов?

Органические вяжущие материалы и бетоны из них

Органические вяжущие вещества составляют большую группу строительных материалов, являющихся смесью высокомолекулярных углеводов и их неметаллических производных. К основным разновидностям этой группы материалов относятся битумы и дегти.

Битумы природные находятся в виде озерных скоплений или пропитывают горные породы. Их выработка ведется преимущественно для химической промышленности, на строительство они поступают в переработанном виде, т.е. в виде лаков, эмалей, мастик и других продуктов. Битумы нефтяные получают на нефтеперегонных заводах главным образом из продуктов (гудронов), остающихся после извлечения из нефти горючих и смазочных веществ. Эти битумы применяются в строительстве в горячем или холодном состоянии либо в виде битумных эмульсий, паст и растворов.

Дегти изготовляют конденсацией летучих продуктов, выделяющихся при сухой, без доступа воздуха перегонке твердых топлив и некоторых других органических веществ. Сухая перегонка осуществляется с целью получения кокса (например, из каменного угля), полукокса, угля и газа. В зависимости от сырья дегти делятся на каменноугольные (коковые или газовые), буроугольные, сланцевые, торфяные, древесные (хвойные или лиственные), нефтяные.

Для строительных целей используют преимущественно каменно-угольные дегти.

Свойства битумов и дегтей зависят от их состава, который, в свою очередь, обусловлен характером использования сырья и технологическим процессом производства.

При оценке качества битумов и дегтей важнее знать так называемый групповой, или фракционный, состав, чем элементарный химический состав. Поэтому студенту рекомендуется рассмотреть характерные признаки как основных групповых компонентов битума – масел, смол, асфальтенов и асфальтогеновых кислот, так и основных фракций дегтя – легких, средних, тяжелых, а также антраценовых масел и пека. Каждая группа или фракция представляет собой сложную смесь высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных с серой, азотом или кислородом в молекуле. Они отличаются своими свойствами, в том числе разной способностью растворяться в растворителях или разной температурой кипения. На этих отличительных особенностях и основывается их выделение из органических вязущих веществ. Извлечение индивидуальных углеводородов из дегтей сопряжено с очень большой трудностью и для технологических целей обычно не проводится.

Групповые компоненты битума образуют сложную дисперсную систему, средой в которой является молекулярный раствор смол или их части в маслах, а дисперсной фазой – асфальтены. В пограничной зоне адсорбированы асфальтогеновые кислоты. Фазовый состав, т.е. соотношение жидкой среды (масел, смол) и твердой фазы (асфальтенов), предопределяет структуру битума и влияет на его механические, физические и химические свойства. Студенту необходимо изучить общие свойства битумов, особенно вязкость, пластичность, теплостойкость, а также ознакомиться с маркировкой нефтяных битумов по ГОСТам.

Групповые (фракционные) компоненты дегтя образуют сложную дисперсную систему, средой в которой являются масла, а дисперсной фазой – свободный углерод и твердые смолы. Следовательно, если битумы по своей структуре – это коллоидные растворы (золь или гель), то дегти ближе к дисперсным системам типа суспензии, поэтому вязкость дегтя сильно зависит от концентрации твердой фазы, а также от тепловых факторов. В дегтях

определяют содержание свободного углерода и вредных примесей (некоторых фенолов, нафталинов).

Следует отметить, что в битумах и дегтях содержатся в небольшом количестве поверхностно-активные вещества. Их количество невелико, но роль в повышении сцепления органических вяжущих материалов с минеральными (каменными) огромна. В битумах в основном содержатся анионактивные компоненты, а в дегтях – не только анионактивные, но и в большом количестве катионактивные вещества. В отличие от битумов деготь обладает способностью» образовывать прочное сцепление с поверхностью кислых горных пород, что объясняется присутствием катионактивных компонентов.

Студентам необходимо разобраться в технологических схемах производства битумов и дегтей, выяснить принципиальное различие между технологиями получения остаточных и окисленных нефтяных битумов, а также отогнанных и составленных каменно-угольных дегтей.

Кроме вязких или твердых битумов нашей промышленностью выпускаются жидкие битумы, чаще всего получаемые путем растворения вязких битумов в лигроино-керосиновых растворителях или мазутах. Жидкие или разжиженные битумы при строительных работах можно либо не подогревать вообще, либо подогревать незначительно; вязкие же битумы всегда перед употреблением разогревают до рабочих температур (150...165 °С).

В холодном состоянии применяются битумные эмульсии, и студент должен иметь о них общее представление. Здесь важно подчеркнуть, что в битумных эмульсиях средой служит вода, а дисперсной фазой – вязкий битум, приведенный в тонко раздробленное состояние. Устойчивость дисперсии битума в воде достигается с помощью эмульгаторов – поверхностно-активных веществ, адсорбированных на частицах вязкого битума в водной среде. Эмульгаторами обычно служат мыла. Определение состава эмульсии, выбор битума и эмульгатора производят опытным путем.

Битумы и дегти применяют в качестве вяжущих веществ при производстве асфальтовых бетонов (асфальтобетонов) и растворов. Разновидность асфальтобетона с применением дегтя в качестве вяжущего принято называть дегтебетоном. Студенту необходимо законспектировать общие данные об этих материалах, выяснить раз-

новидности применяемых материалов для изготовления асфальтобетона, способы их подготовки, технологические схемы их объединения. На свойствах асфальтобетона, применяемого для дорожных и гидротехнических сооружений, необходимо остановиться более подробно, а также следует рассмотреть по аналогии общие сведения о дегтебетоне.

Поверхностно-активные вещества, добавляемые в небольших количествах к минеральным материалам и в битум, позволяют снижать рабочую температуру в смесителях, переходить на теплые асфальтовые бетоны, использовать не полностью просохшие минеральные материалы.

Каждый студент должен иметь представление о современной общей теории асфальтобетона. Главными частями этой теории являются положения: о процессах структурообразования и структурах асфальтового бетона; о зависимости свойств асфальтобетона от различных факторов (структурных, тепловых, механических, производственных и др.); о надежности и долговечности асфальтового бетона; о научных методах исследования и технического контроля качества асфальтового бетона и его компонентов.

Основные положения общей теории асфальтобетона следует отметить в конспекте, прибегая в необходимых случаях к устным и письменным консультациям преподавателей вуза.

Битумные материалы, деготь, а также эмульсии на их основе используют при выполнении гидроизоляционных работ, производстве кровельных материалов, герметиков и т.п. Однако наибольшая часть битума направляется для дорожного строительства, в частности для устройства асфальтобетонных дорожных покрытий. С возрастанием объема дорожного и других видов строительства с применением битума выпуск этого материала в нашей стране увеличился, но качество битума, вследствие разнообразия сырья и технологии переработки нефти, не всегда отвечает требованиям. Следовательно, контроль качества этого материала должен быть очень тщательным. Поэтому изучению методов испытания битумов (и дегтей) во время лабораторных занятий необходимо уделить большое внимание [1, с. 353–355].

Вопросы для самопроверки

1. Какой материал называют битумом и каковы его основные свойства?
2. В каком виде встречается природный битум и как его добывают?
3. Каковы способы производства нефтяных битумов?
4. Какими показателями характеризуется качество битума (маркировка битума)?
5. Области применения битумов разных марок.
6. Какие имеются разжижители битумов?
7. Для чего добавляют тонкомолотые минеральные порошки в асфальтовые бетоны?
8. Как готовят битумные эмульсин?
9. Что называют дегтями и пеками и как их получают?
10. Как получают составленный каменноугольный деготь?
11. Каковы технологические схемы производства асфальтового раствора и бетона?
12. Какие существуют разновидности асфальтовых бетонов?
13. От каких факторов зависит прочность и деформативность асфальтового бетона? Основная и обобщенная (т.е. с учетом температуры и скорости деформации) формулы прочности асфальтового бетона.
14. Что такое холодные асфальтовые бетоны? Их преимущества перед обычными асфальтобетонами.
15. Каков состав дегтебетона и чем он отличается от асфальтобетона?
16. Каковы особенности литого асфальтового бетона в современных условиях технологии производства?

2.6. Материалы и изделия из древесины

Лесные материалы обладают ценными качествами: малой объемной массой, высокой прочностью, малой теплопроводностью, легкостью технологической обработки, но вместе с тем имеют и существенные недостатки, которые приходится учитывать при использовании леса как строительного материала. К главным недостаткам относятся: загниваемость, возгораемость, неоднород-

ность строения и гигроскопичность. Повышение долговечности лесных материалов достигается комплексом мероприятий по предохранению от загнивания (антисептированием) и возгорания (обработкой антипиренами), по снижению гигроскопичности (гидрофобизацией) и неоднородности структуры (прессованием с предварительной деструкцией).

Для лесов России характерно большое разнообразие пород. Хвойные породы произрастают в основном на севере страны, лиственные – на юге, поэтому строительный лес приходится транспортировать на большие расстояния, что несколько удорожает стоимость древесных конструкций.

В последние 10–15 лет большое внимание уделено стандартному домостроению. Специализированные домостроительные предприятия выпускают двух-, трех-, четырех- и шестикомнатные дома, покрытые шифером, с приборами для местного центрального отопления, кухонной плитой и ванной. Такие дома собирают на месте из готовых деревянных деталей, выпускаемых заводами. Детали предварительно антисептируются, что повышает их долговечность. Вместе с деталями домов может выпускаться встроенная и переносная мебель.

Хотя наша страна богата лесными массивами (около 35 % общей площади лесов земного шара), но запасы леса все же не исчерпывают потребности всех отраслей народного хозяйства, поэтому в строительстве дерево стремятся заменить другими материалами – железобетонами, изделиями из пластических масс и полимеров, строительной керамикой и т.д. Однако некоторые элементы – обрамление окон и дверей, плинтусы, встроенная мебель, наличники, а также полы – продолжают оставаться деревянными, и их не всегда можно заменить другими материалами.

В настоящее время предусматривается широкое внедрение комплексной механизации на основных лесозаготовительных и вспомогательных работах, связанных с заготовкой и переработкой леса, перебазирование большей части трудоемких работ по разделке древесины с лесосек на нижние склады лесовозных дорог и лесоперевалочные базы, применение автотяги и автомобилей большой проходимости на вывозке леса, создание на лесозаготовках устойчивой энергетической базы путем строительства электростанций, работающих на древесных отходах. Ставится также

задача максимальной экономии леса в строительстве, использования низкосортных пород леса, повышения обработки деловой древесины.

За последние годы лесная промышленность нашей страны получила много новой современной техники. Однако далеко не все операции предприятий лесной промышленности механизированы, а древесина используется не всегда рационально. В частности, на предприятиях операция по обрубке сучьев слабо механизирована; обрубка сучьев производится практически вручную; до последнего времени рационально используется только около 25...30 % древесины, получаемой с лесосеки. Химическая переработка ее на целлюлозу, бумагу, картон и плиты не превышает 10...13 % от общего объема заготовки леса.

Правильно организуя работу на заводах лесоперерабатывающей промышленности и используя ряд новых исследований в области применения отходов древесины, можно значительно увеличить количество деловой древесины. Известны примеры повышения использования древесины, вывозимой с лесосеки, до 75...80 %. Технический прогресс в этом направлении коснулся главным образом механизированного производства столярных плит, клеевых конструкций из отходов любых размеров, древесноволокнистых и древесно-стружечных плит, древесной шерсти для изготовления фибролита и др. В связи с этим возникает необходимость в создании новых крупных специализированных предприятий, оснащенных передовой техникой, способных полностью обеспечить нужды строительства в высококачественных и недорогих строительных деталях из лесных материалов. В настоящее время переработка древесины находится не на должном уровне.

Изучение данного раздела курса строительных материалов целесообразно начинать с вопросов микро- и макростроения древесины и пороков, снижающих ее сортность. Далее следует изучить свойства таких материалов и зависимость, устанавливающую связь показателей свойств со структурными данными и влажностью лесного материала.

Раздел завершается изучением сортамента лесных материалов и изделий, а также мероприятий по увеличению срока службы дерева в сооружении [1, с. 313–344].

Вопросы для самопроверки

1. Какие древесные породы широко применяют в строительстве?
2. Положительные и отрицательные качества древесины как строительного материала.
3. Каково строение древесины (микроструктура)?
4. Чем отличается ядровая древесина от заболонной?
5. Чему равна плотность древесины основных пород?
6. В каком виде находится влага в древесине? Дать объяснения.
7. Что называется точкой насыщения волокон и в каких пределах колеблется ее величина для различных пород древесины?
8. Как влияет содержание влаги на свойства древесины?
9. От чего зависит теплопроводность древесины?
10. Какие лесоматериалы называют воздушно-сухими?
11. При каком направлении усилий древесина имеет наибольшие показатели прочности?
12. В каких строительных конструкциях и деталях наиболее целесообразно использовать древесину?
13. Пороки древесины (по группам).
14. Виды и сорта лесоматериалов, в том числе клееные и плитные.
15. Каким образом можно повысить качество деловой древесины при разработке лесосек?
16. Какие существуют наиболее доступные меры предохранения древесины от загнивания и возгорания?
17. Какими ускоренными методами можно определить прочность и влажность древесины?

2.7. Полимерные материалы и изделия

В основе строительных материалов из пластических масс лежат полимеры. Свойства материалов определяются физико-химическими показателями полимеров, из которых они получены.

Изучение этого раздела необходимо начать с классификации полимеров, особенностей строения их молекул, так как свойства полимера определяются структурой макромолекул и строением

элементарного звена или текстурой элементарных звеньев, составляющих макромолекулу. Являясь высокопрочными веществами, полимеры способны к большим обратимым деформациям, обладают высокой стойкостью к действию влаги, растворов солей, кислот, щелочей, высокими диэлектрическими свойствами.

Полимеры с линейной структурой макромолекул характеризуются термопластичностью, т.е. способностью многократно сохранять первоначальные свойства при повышенной температуре (например, формуемость) и при пониженных температурах (например, эластичность, или упругость). Структура макромолекул в стадии пластичности полимера не нарушается.

Полимер с пространственной структурой не переходит в пластическое состояние, не обладает формуемостью при высоких температурах. При изучении полимеров следует остановиться на двух процессах их образования – полимеризации и поликонденсации, а также четко выяснить различие между ними. Далее необходимо кратко ознакомиться с данными об основных разновидностях полимеров, полученных в процессах полимеризации и поликонденсации. Среди полимеризационных материалов следует кратко изучить полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, полиуретан, поливинилацетат, а среди поликонденсационных – обратить внимание на фенолформальдегидные полимеры, полиамиды, эпоксидные и кремнийорганические соединения.

Пластические массы представляют собой сложную механическую смесь компонентов, основным из которых является полимер. Возможно изготовление изделий и из чистого полимера (понятия пластической массы и полимера в этих случаях становятся тождественными). В качестве других компонентов пластмасс используют наполнители, пластификаторы, стабилизаторы, отвердители и некоторые другие вещества.

Для строительных целей из пластических масс изготавливают строительные конструкции, древесностружечные и древесноволокнистые плиты, линолеум, линкруст, облицовочные плиты, лакокрасочные материалы, санитарно-технические изделия, трубопроводы и многое другое. Из глицерофталевых и полихлорвиниловых масс можно получать линолеум, линкруст и водостойкие обои. Из светлых полимеров (полихлорвинила и др.), пластификатора, красителя и асбеста делают плитки для полов (с применением поливинилаце-

татной эмульсии). Посредством горячего прессования слоев бумаги, пропитанных полимером, изготавливают плиты, пригодные для отделки стен и потолков. Для облицовки стеновых панелей вырабатывают полистирольные плитки. Полиэтиленовые пленки пригодны для паро- и гидроизоляции. Полимеры (полихлорвинил и стеклопластики) получили большое распространение при изготовлении труб, арматуры, оборудования для систем водопровода и канализации, отопления и вентиляции, кондиционирования воздуха, электропроводки, а также при производстве синтетических клеев, мастик и др. В ближайшие годы широкое применение найдут стеклопластики, которые во многих случаях заменят металл.

В качестве конструкционного материала, обладающего высокими прочностными показателями, используются главным образом слоистые пластики. Например, для несущего слоя трехслойных стеновых панелей может служить стекловолоконистый анизотропный материал (СВАМ), имеющий прочность на сжатие около 400...420 МПа и на растяжение до 480...500 МПа, стеклотекстолит с прочностью на сжатие до 2 000 МПа и на растяжение до 300 МПа, текстолит, бумагопластики и др. Связующими для получения слоистых пластиков являются полиэфирные, фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные и эпоксидные полимеры.

В конспектах необходимо записать все данные об основных изделиях из синтетических материалов. Следует изучить специфические свойства этой группы материалов и изделий и область применения их в строительстве. При знакомстве с этим разделом желательно вновь вернуться к разделу бетонов и в данном аспекте изучить своеобразие пластобетонов и полимерцементных бетонов [1, с. 356–387].

Вопросы для самопроверки

1. Какова сырьевая база производства полимеров?
2. Основные свойства пластических масс, применяемых в строительстве.
3. В чем сходство и различие между реакциями полимеризации и поликонденсации?
4. В чем сущность старения полимеров?
5. Воспроизведите классификацию полимеров.

6. Полимеры, их свойства и применение (привести данные о составе, свойствах и применении полиэтилена, поливинилхлорида, полиизобутилена, полистирола, поливинилацетата).

7. Поликонденсационные полимеры, их свойства и область применения.

8. Какие дополнительные материалы используют в производстве пластмасс (кроме полимеров)?

9. Как получают стеклопласты? Область их применения.

10. Для каких целей применяют древесно-слоистые пластики?

11. Какими свойствами обладают поропласты? Область их применения.

12. Какие полимерные материалы применяют для полов и какие требования к ним предъявляют?

13. Какие гидроизоляционные и герметизирующие материалы изготавливают на основе полимеров?

14. Основные свойства гидроизоляционных и герметизирующих материалов на основе полимеров.

15. Полимербетоны и применение их в конструкциях.

16. Из каких полимерных материалов изготавливают санитарно-технические приборы и трубы?

2.8. Теплоизоляционные и акустические материалы и изделия

Теплоизоляционные материалы

Материалы этой группы широко применяются в современном строительстве для повышения теплоизоляционных свойств зданий или тепловых агрегатов, а также для изоляции рефрижераторов, холодильных камер и др. от более теплой внешней среды. Применение теплоизоляционных материалов при проектировании зданий позволяет значительно экономить основные строительные материалы, а в эксплуатационный период обеспечивает сохранение тепла в помещениях или холода в холодильных камерах.

Теплопроводность материала обусловлена в основном его плотностью: с ее повышением растет теплопроводность. Чем выше пористость, тем меньше теплопроводность, так как воздух, заполняющий поры, имеет коэффициент теплопроводности

0,023 Вт/(м·К), который значительно меньше, чем у любого строительного материала.

Нашей промышленностью выпускаются многочисленные теплоизоляционные материалы, и номенклатура их продолжает расширяться. Они различаются по характеру строения – жесткие, гибкие, рыхлые; по виду основного сырья – неорганические и органические; по показателям объемной массы – на марки в широком интервале от особо легких (15) до тяжелых (100...600 кг/м³).

Органические теплоизоляционные материалы используют в основном для изоляции холодных поверхностей, а неорганические – для изоляции горячих.

Из группы неорганических теплоизоляционных материалов большое распространение получили минераловатные изделия на связке из синтетических конденсационных смол и изделия из вспученных вулканических стекол (обсидиана, перлита). В настоящее время в нашей стране производятся широкие исследования по наиболее эффективному вспучиванию вулканических стекол и разработке на их основе технологии новых пористых теплоизоляционных материалов. Это связано с тем, что получаемые материалы позволяют изолировать горячие поверхности с температурой выше 600...700 °С, тогда как многие известные теплоизоляционные материалы не выдерживают таких температур. Для теплоизоляции при высоких температурах применяют два вида изделий: перлитов- и пенокерамические. Первые получают путем введения в глиняный шликер легкого перлитового песка, вторые – введением в глиняный или диатомитовый шликер пены. Разработаны способы получения пеноперлитокерамических изделий по конвейерной схеме, но главными теплоизоляционными материалами пока продолжают оставаться минеральная вата и ячеистые бетоны.

Значительное развитие получает производство пеностекла, обладающего ценными свойствами: высокой пористостью, малой теплопроводностью, значительной по сравнению с другими теплоизоляционными материалами прочностью, водостойкостью, несгораемостью, хорошей звукопоглощаемостью, технологичностью. Пористость пеностекла составляет от 80 до 95 %, плотность – от 150 до 500 кг/м³. Нередко пеностекло именуется как газостекло.

Из органических теплоизоляционных материалов в настоящее время распространены пено- и поропласты, древесностружечные

плиты, а также камышит, особенно в тех районах, где растет камыш (Астраханская область, Приазовье и др.), арболит.

В настоящее время используют материалы на основе асбеста как без вяжущих, так и с вяжущими веществами. Большим спросом пользуется асбестовая бумага, асбестовый картон и войлок, асбестотрепельные материалы (асбозурит, асботермит), асбестомагнезиальные материалы (совелит и др.), асбестоцементные теплоизоляционные плиты.

Изучение данного раздела следует начать с теории образования пористой структуры и формирования общих свойств теплоизоляционных материалов, а также с классификации этих материалов и изделий. Далее необходимо ознакомиться с видами как неорганических жестких, гибких и рыхлых, так и органических жестких и гибких теплоизоляционных материалов, с их свойствами и областью применения [1, с. 402–420].

Вопросы для самопроверки

1. Для каких целей применяют теплоизоляционные материалы?
2. Как классифицируют теплоизоляционные материалы?
3. Какие существуют органические теплоизоляционные материалы и какова область их применения?
4. Как производят древесноволокнистые плиты? Их физико-механические свойства и область применения.
5. Что применяется для изготовления неорганических теплоизоляционных материалов?
6. По какой технологической схеме изготавливают минеральную вату и где она применяется?
7. Как производят стеклянную вату? Ее свойства и область применения.
8. Что такое пеностекло, каковы его свойства?
9. Преимущество неорганических теплоизоляционных материалов перед органическими.
10. Какие теплоизоляционные материалы производят на базе асбеста и где они применяются?
11. Какие теплоизоляционные материалы производят из горных пород? Их свойства и применение.

Акустические материалы

С внедрением железобетонных перекрытий в зданиях возросла необходимость применения звукопоглощающих и звукоизоляционных материалов. С помощью этих материалов, особенно звукопоглощающих, решаются также вопросы архитектурной отделки потолков, стен, интерьеров с приданием помещениям лучшей акустики.

При выборе акустических материалов исходят из разновидности шума, его уровня и частотности звуковой волны. Предложено разделить все звукопоглощающие материалы на классы (I, II, III) в зависимости от коэффициента звукопоглощения для трех диапазонов частот: низких – 100...250 Гц, средних – 315...1 000 Гц, высоких – 1 250...5 000 Гц. Среди наиболее часто используемых звукопоглощающих материалов следует выделить неорганические и органические; рыхлые и сыпучие; с волокнистой структурой – минераловатные и древесно-волокнистые плиты, акустический фибролит, маты, холсты и др.; материалы с конгломератным типом структуры в виде бетонных плит и блоков с применением в них пористых заполнителей (перлита, вермикулита и др.) и ячеистых бетонов и др. В строительстве также используются многослойные, например перфорированные, звукопоглощающие материалы на основе асбеста, минеральной ваты и соответствующих связок.

К звукоизоляционным относятся мелкие покрытия полов, например линолеумы. Этим же целям служат конструктивные решения сопряжения деталей и междуэтажных перекрытий.

К звукоизоляционным относятся также минеральные и стекловатные изделия, сыпучие материалы, плиты из пенопласта, древесно-волокнистые и т.п.

Этот раздел программы следует изучить в такой последовательности: характеристика шумов, оценка акустических свойств, разновидности акустических материалов с краткой характеристикой их специальных свойств.

Акустические материалы должны обладать достаточной механической прочностью, сохранять свои первоначальные свойства в течение всего периода эксплуатации, иметь достаточную влагостойкость и биостойкость. Они не должны выделять каких-либо неприятных запахов и тем более токсических веществ, а с внешней стороны они должны обладать хорошими декоративными свой-

ствами. Звукопоглощающие материалы применяются в глушителях шума вентиляционных и других установок; как облицовочный материал – в помещениях, в конструкциях акустических экранов и звукоизоляционных кожухов. Звукоизоляционные материалы используются в конструкциях перекрытий и перегородок, и для оценки их эффективности учитывается величина динамического модуля упругости материала.

В строительстве также применяют вибропоглощающие материалы с целью ослабления шума от вибрации металлических поверхностей, воздуховодов и кожухов механизмов и т.п. Это листовая пластмасса типа «агот», мастики (например, типа «антивибрит»), рулонный материал типа «фольгоизол», листовая резина и др. [1, с. 421–431].

Вопросы для самопроверки

1. Какие материалы называются акустическими?
2. Классификация акустических материалов.
3. Какую функцию выполняют звукопоглощающие материалы?
4. Основные виды звукопоглощающих материалов.
5. Особенности их структуры.
6. Свойства различных видов звукопоглощающих материалов.
7. Какую функцию выполняют звукоизоляционные прокладочные материалы в конструкции?

3. ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Материалы, применяемые в качестве отделки, должны придавать строительным конструкциям и сооружениям определённые свойства:

- защита от воздействия окружающей среды;
- создание завершающего архитектурного оформления;
- формирование особых санитарно-гигиенических условий, уменьшающих запыление, загрязнение, увлажнение, шумовые помехи и др.;
- обеспечение возможности восстанавливать свойства поверхности отделки, эксплуатирующейся под влиянием коррозионного и морозного старения, механических и химических дефектов, радиационного облучения, износа и других воздействий среды.

Во всём мире резко увеличивается объём производства отделочных материалов, расширяется их ассортимент, повышается качество и декоративность, столь необходимые современному городу, общественным зданиям и жилищу.

Разнообразные отделочные материалы и изделия, применяемые в современном строительстве, а их насчитывается свыше 350 наименований, классифицируют:

- на технологические по основному исходному материалу;
- архитектурно-строительные по «месту» и назначению работы в конструкции.

Согласно технологической классификации отделочные материалы и изделия составляют следующие группы: красочные составы, природные и искусственные камни, керамика, стекло, металл, лесные материалы, полимеры и др.

По архитектурно-строительной классификации отделочные материалы подразделяются:

- для наружной отделки;
- внутренней отделки;
- покрытия полов;
- специальных целей.

Ряд материалов и изделий применяют для отделки как внутренних интерьеров, так и фасадов зданий, предъявляя к ним высокие эксплуатационные и эстетические требования.

Среди эксплуатационных свойств материалов важнейшими являются те, что отвечают санитарно-гигиеническим требованиям, создают в помещениях здоровые условия для жизни, работы и отдыха, а также огнестойкие, токсикологические, радиационные характеристики, удовлетворяющие соответствующим нормам. Весьма важно, чтобы материал отделки легко промывался, дезинфицировался, очищался, в том числе под вакуумом и давлением.

Условие создания высокого эстетического качества – подчинение отделки законам красоты, гармонии, художественного вкуса, когда наиболее образно передается цветовой тон, светлота, насыщенность цвета, цветовой рисунок, структурно-текстурные особенности материала.

Доминантой строительных свойств отделочных материалов является их долговечность. Она зависит от степени участия отделки в работе несущих и ограждающих конструкций, от влияния среды эксплуатации на качество контактного слоя, обеспечивающего сцепление отделки с основанием – подложкой. Чаще всего таким основанием служит раствор и бетон, для выравнивания поверхности которых применяются специальные композиции.

Решающее значение для экономической эффективности применения отделочных материалов имеет фактический срок службы, эксплуатационные расходы на текущие и капитальные ремонты, а также общий срок службы с учётом морального старения.

В настоящее время наибольшее распространение имеет окраска, составляющая в общем объёме отделочных работ фасадов зданий более 50 % [1, с. 432–451].

Вопросы для самопроверки

1. Какие материалы применяют для отделки наружных поверхностей зданий и почему?
2. Требования, предъявляемые к отделочным материалам.
3. Основные пигменты строительных красочных материалов.
4. Водные красочные составы. Известковые, клеевые, силикатные и другие составы, их свойства и область применения.
5. Виды олиф, их свойства и применение в масляных красочных составах.
6. Полимерные красочные составы, лаки, эмали. Их свойства, применение.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

После изучения вышеуказанных разделов курса студент выполняет контрольное задание. Оно состоит из трех задач и нескольких теоретических вопросов. Условия задач и теоретические вопросы переписывают в тетрадь, в которой выполняется контрольное задание.

Готовую работу студент подписывает, ставит дату выполнения и сдает на рецензирование.

Вариант 1

Задачи:

1. Масса образца камня в сухом состоянии 50 г. Определить массу образца после насыщения его водой, а также истинную плотность камня, если известно, что водонасыщение по объему равно 18 %, пористость камня – 25 % и его средняя плотность – 1 800 кг/м³.

2. Сколько получится известкового теста, содержащего 50 % воды, из 2 т извести-кипелки, имеющей активность 85 %? Средняя плотность теста 1 450 кг/м³.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Осадка конуса равна 2 см (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Какие существуют методы оценки для определения структуры материалов?

2. Какая разница между рубероидом и толем?

3. Какие материалы называются акустическими? Их классификация.

4. Что такое пеносиликат и газосиликат?

5. Полимерные красочные составы, лаки, эмали. Их свойства, применение.

Вариант 2

Задачи:

1. Определить пористость горной породы, если известно, что по объему ее водопоглощение в 1,7 раза больше, чем по массе, а истинная плотность твердого материала равна $2,6 \text{ г/см}^3$.

2. Определить расход глины по массе и объему, необходимый для изготовления 10 000 шт. красного обыкновенного кирпича при следующих данных: средняя плотность кирпича 1800 кг/м^3 , средняя плотность сырой глины 1682 кг/м^3 , влажность глины 12 %, при обжиге сырца в печи потери при прокаливании составляют 9 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Жесткость смеси равна 20 с (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Что такое мастики?
2. Почему стеновые изделия изготавливаются с большим количеством пустот и пор?
3. Укажите основные виды портландцемента.
4. Применение пластификаторов для регулирования удобоукладываемости бетонной смеси и экономии цемента.
5. Назовите основные элементы макро- и микроструктуры древесины.

Вариант 3

Задачи:

1. Камневидный материал в виде образца кубической формы, ребро которого равно 6,5 см, в воздушно-сухом состоянии имеет массу 495 г. Определить теплопроводность материала.

2. Сколько получится кирпича из 4 м^3 глины, если истинная плотность кирпича и сырой глины соответственно равны 1730 кг/м^3 и 1590 кг/м^3 , а влажность глины составляет 13 %? При обжиге сырца в печи потери при прокаливании составляют 8 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Осадка конуса равна 8 см (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Основные виды звукопоглощающих конструкций.
2. Где применяют плотные природные каменные материалы и где – пористые?
3. Какие материалы применяют для отделки наружных поверхностей зданий и почему?
4. Какие изделия получают на основе гипсового вяжущего и какими свойствами они обладают?
5. Перечислите основные свойства строительных растворов.

Вариант 4

Задачи:

1. Вес образца камня в сухом состоянии 76 г. После насыщения образца водой его масса увеличилась до 79 г. Определить среднюю плотность и пористость камня, если водопоглощение по его объему составляет 8,2 %, а истинная плотность твердого вещества равна 2,68 г/см³.
2. Определить выход сухой извести-кипелки из 20 т известняка, содержащего 6 % глинистых примесей.
3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Жесткость бетонной смеси равна 25 с (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Свойства различных видов звукопоглощающих материалов.
2. Назовите основные параметры и свойства обыкновенного кирпича.
3. Методы первичной защиты цементного камня от коррозии при воздействии жидких агрессивных сред.
4. Основной закон прочности бетона, его физический смысл и математическое выражение.
5. Требования, предъявляемые к отделочным материалам.

Вариант 5

Задачи:

1. Образец камня в сухом состоянии неправильной формы весил на воздухе 80 г. После покрытия поверхности образца парафином масса его в воде составила 37 г, при этом израсходовано парафина 0,75 г. со средней плотностью $0,9 \text{ г/см}^3$. Вычислить среднюю плотность камня (плотность воды принять 1 г/см^3).

2. Определить расход глины по массе к объему, необходимый для изготовления 1 000 шт. красного обыкновенного кирпича при следующих данных: средняя плотность кирпича 1750 кг/м^3 , средняя плотность сырой глины 1650 кг/м^3 , влажность глины 13 %. В процессе обжига сырца в печи потери при прокаливании составляют 8,5 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Осадка конуса равна 7 см (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Основные пигменты строительных красочных материалов.
2. Назовите положительные и отрицательные свойства некоторых полимерных материалов.
3. Из каких компонентов состоит пластмасса?
4. Назовите основные свойства асбестоцементных изделий.
5. Что такое смешанные растворы?

Вариант 6

Задачи:

1. Определить среднюю плотность каменного образца неправильной формы, если на воздухе его масса равна 50 г. Масса образца, покрытого парафином, равна 80,75 г, а вес этого образца в воде составил 39 г. Среднюю плотность парафина принять равной $0,93 \text{ г/см}^3$.

2. Сколько получится кирпича из $2,5 \text{ м}^3$ глины, если средняя плотность кирпича 1700 кг/м^3 , средняя плотность сырой глины 1600 кг/м^3 , а влажность глины составляет 12 %? В процессе обжи-

га сырца в печи потери при прокаливании составляют 8 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Жесткость бетонной смеси равна 65 с (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Какие горные породы используются для производства строительных материалов, например вяжущих, бетонов, растворов?
2. Что является сырьем для производства стекла?
3. Виды олиф, их свойства и применение в масляных красочных составах.
4. Эффективность легких бетонов (на пористом заполнителе и ячеистом) по сравнению с тяжелым бетоном.
5. Основные пороки древесины, их влияние на ее прочность.

Вариант 7

Задачи:

1. Определить коэффициент размягчения камня, если при испытании образца в сухом состоянии на сжатие максимальное показание манометра прессы было равно 38,8 МПа, тогда как такой же образец в водонасыщенном состоянии показал на манометре 34,1 МПа.

2. Сколько получится красного обыкновенного кирпича из $2,5 \text{ м}^3$ глины, если средняя плотность кирпича составляет 1700 кг/м^3 , средняя плотность сырой глины – 1600 кг/м^3 , влажность глины – 12 %? В процессе обжига сырца в печи потери при прокаливании составляют 8 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Осадка конуса равна 5 см (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Какие формы образцов и схемы испытаний используются для определения прочности материалов при сжатии, изгибе, растяжении?

2. Какие температурные воздействия могут выдержать керамические изделия?

3. Полимерные красочные составы, лаки, эмали. Их свойства, применение.

4. Бетон как композиционный материал: влияние вида заполнителя на структуру и среднюю плотность бетона.

5. В чем прогрессивность применения сухих смесей?

Вариант 8

Задачи:

1. Во сколько раз пористость камня А отличается от пористости камня В, если известно, что истинная плотность твердого вещества обоих камней практически одинакова и составляет $2,72 \text{ г/см}^3$, но средняя плотность камня А на 20 % больше, чем у камня В, у которого водопоглощение по объему в 1,8 раза больше поглощения по массе?

2. Определить по массе и объему количество известкового теста, имеющего 50 % воды и полученного из 2,5 т извести-кипелки, активность которой 88 %. Средняя плотность теста 1420 кг/м^3 .

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Жесткость бетонной смеси равна 80 с (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Какие техногенные отходы могут быть использованы для производства строительных материалов?

2. Назовите основные материалы для полов.

3. Водные красочные составы. Известковые, клеевые, силикатные и другие составы, их свойства и область применения.

4. Какие добавки вводятся в глины при изготовлении керамических изделий и каково их назначение?

5. Методы защиты древесины от гниения и горения.

Вариант 9

Задачи:

1. Цилиндрический образец горной породы диаметром 5 см и высотой 5 см весит в сухом состоянии 245 г. После насыщения водой его вес увеличился до 249 г. Определить среднюю плотность камня и его водопоглощение.

2. Требуется получить 5 000 шт. пористого кирпича со средней плотностью $1\,000\text{ кг/м}^3$. Средняя плотность обыкновенного кирпича из этой глины $1\,800\text{ кг/м}^3$. Рассчитать количество древесных опилок (по массе), необходимых для получения 5 000 шт. пористого кирпича, если истинная плотность опилок равна 320 кг/м^3 .

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Осадка конуса равна 4 см (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Чем объясняются высокие прочностные свойства конструкционных композитов?

2. Какое сырье применяют для производства портландцемента и по каким схемам технологического процесса получают этот материал?

3. В результате чего силикатный кирпич получает прочность? Его основные свойства.

4. Связь реологических и технических свойств бетонной смеси; классификация смесей по показателям удобоукладываемости.

5. Положительные и отрицательные свойства древесины как строительного материала.

Вариант 10

Задачи:

1. Образец камня в сухом состоянии весит 77 г, а после насыщения водой – 79 г. Вычислить пористость и истинную плотность камня, если его средняя плотность $2,67\text{ г/см}^3$, а водопоглощение – 4,28 %.

2. Сколько потребуется глины на изготовление 100 тыс. штук плиток для пола размером $150\times150\times13\text{ мм}$. Пористость плиток 4,0 %, истинная плотность спекшейся массы $2\,590\text{ кг/м}^3$, потери при сушке 7 %, при прокаливании – 8 % от массы сухой глины.

3. Рассчитать производственный состав тяжелого бетона марки 300 на портландцементе марки 400. Жесткость бетонной смеси равна 170 с (табл. П. 3.1, П. 3.2).

Вопросы:

1. Что такое керамзит, каковы его свойства и для каких целей он применяется в строительстве?
2. Что представляет собой высокопрочный гипс?
3. Сравните гидравлическую и воздушную известь по составу и свойствам, определяющим область их применения.
4. Для каких целей предназначены строительные растворы?
5. Как получают битумы и дегти?

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Физические свойства строительных материалов.
2. Механические свойства строительных материалов.
3. Сырье для производства керамических материалов.
4. Глинистые материалы и их керамические свойства.
5. Непластические материалы для изготовления керамики.
6. Отделка керамических изделий.
7. Принципиальная схема изготовления керамических изделий.
8. Стеновые керамические изделия.
9. Облицовочные изделия из керамики.
10. Керамические изделия специального назначения.
11. Классификация вяжущих веществ.
12. Теория твердения вяжущих веществ.
13. Гипсовые вяжущие, сырье и способы получения.
14. Свойства гипсовых вяжущих.
15. Строительная известь, сырье и свойства.
16. Сырье для изготовления воздушной извести, технологические схемы ее получения.
17. Магнезиальные вяжущие.
18. Жидкое стекло.
19. Гидравлическая известь.
20. Сырье для получения портландцемента.
21. Химический и минералогический состав портландцемента.
22. Технологическая схема получения портландцемента.
23. Свойства портландцемента.
24. Твердение портландцемента.
25. Коррозия портландцементного камня: разложение цементного камня чистой водой, образование легкорастворимых солей, сульфатная коррозия.
26. Способы защиты от коррозии.
27. Сульфатостойкий портландцемент.
28. Быстротвердеющие портландцементы.
29. Декоративные цементы.
30. Цементы с поверхностно-активными добавками.
31. Цементы с активными минеральными добавками.

32. Пуццолановый цемент.
33. Шлакопортландцемент.
34. Глиноземистые и расширяющиеся цементы.
35. Гипсоцементнопуццолановое вяжущее.
36. Тяжелые бетоны. Классификация.
37. Мелкий заполнитель.
38. Крупный заполнитель.
39. Бетонная смесь, состав и свойства.
40. Подбор состава бетона.
41. Приготовление бетонных смесей.
42. Уплотнение бетонных смесей.
43. Твердение бетонов.
44. Сборные железобетонные изделия, основные технологические схемы их изготовления.
45. Ячеистые бетоны.
46. Технологическая схема изготовления газобетона.
47. Технологическая схема изготовления пенобетона.
48. Строительные растворы.
49. Добавки к цементам, строительным растворам и бетонам.
50. Теплоизоляционные материалы, их свойства и классификация.
51. Органические теплоизоляционные материалы: древесноволокнистые и древесно-стружечные плиты, фибролит.
52. Неорганические теплоизоляционные материалы.
53. Материалы и изделия из пластмасс. Их свойства.
54. Сырье для получения пластмасс.
55. Применение пластмасс.
56. Лакокрасочные материалы, связующие и вспомогательные вещества.
57. Пигменты и наполнители для лакокрасочных материалов.
58. Красочные составы.
59. Гидроизоляционные материалы.
60. Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

А

Адгезия – соединение твердых и жидких материалов по поверхности, обусловленное межмолекулярным взаимодействием.

Активные минеральные добавки – это природные или искусственные вещества, которые при смешивании в тонкоизмельченном виде с воздушной известью и затворении водой образует тесто, способное после твердения на воздухе продолжать твердеть и под водой.

Асбест – это природный тонковолокнистый минерал, состоящий из водных или безводных силикатов магния, а некоторые разновидности – из силикатов кальция и натрия.

Б

Безотказностью называют свойство изделия сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации в течение некоторого времени без вынужденных перерывов на ремонт.

Бетон – композиционный материал, получаемый в результате формирования и твердения рационально подобранной смеси, которая состоит из вяжущего вещества, воды, заполнителей и специальных добавок.

Битум – вязкая жидкость или твердообразное вещество, состоящее из смеси углеводородов и их неметаллических производных: серы, золы, кислорода и т.д.

В

Вата минеральная – волокнистый бесформенный материал, который состоит из тонких стекловидных волокон, получаемых из расплава легкоплавких горных пород, металлургических и топливных шлаков и их смеси.

Водопроницаемость – это свойство материала пропускать воду под давлением.

Влагоотдача – способность материала отдавать влагу при снижении влажности воздуха.

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать воду.

Воздухостойкость – способность материала длительно выдерживать многократное увлажнение и высушивание без деформаций и потери механической прочности.

Вязкость – способность материала поглощать механическую энергию при деформации образца.

Г

Гигроскопичность – свойство материала, характеризующее его способность поглощать водяные пары из воздуха и удерживать их на своей поверхности.

Горная порода – это природный минеральный агрегат более или менее определённого состава и строения, являющийся продуктом геологических процессов и образующий в земной коре самостоятельные тела.

Д

Долговечность – свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на ремонт.

Дислокация – это всегда одномерный (линейный) дефект кристаллической решётки, возникающий либо в процессе образования кристалла, либо в результате последующих механических, тепловых или других воздействий.

Ж

Жаростойкость – способность материала выдерживать температуру эксплуатации до 1 000 °С без нарушения сплошности и потери прочности.

Железобетон – это композиционный строительный материал, в котором бетон и стальная арматура составляют единое целое.

И

Износ – разрушение материала при совместном действии истирающей и ударной нагрузок.

Искусственные конгломераты – это обширная группа, объединяющая бетоны различного вида, ряд керамических и других материалов.

Ионные связи образуются в кристаллах тех материалов, где связь имеет преобладающе ионный характер.

Истираемость характеризуется величиной потери первоначальной массы материала (г), отнесенной к единице площади истирания (см²).

К

Керамическими называют искусственные каменные материалы и изделия, полученные в процессе технологической обработки минерального сырья и последующего обжига при высоких температурах.

Кристаллизация – процесс образования кристаллов из паров, растворов, расплавов при электролизе и химических реакциях, который сопровождается выделением тепла.

Кристаллические вещества, входящие в состав строительного материала, различают по характеру связи между частицами, образующими пространственную кристаллическую решетку.

Ковалентная связь осуществляется обычно электронной парой, образуется в кристаллах как простых веществ (алмаз, графит), так и в некоторых соединений из двух элементов (кварц, карборунд, другие карбиды, нитриды).

М

Материаловедением называют науку, изучающую связь состава, строения и свойств материалов, а также закономерности их изменения при физико-химических, физических, механических и других воздействиях. Всякий материал в конструкциях зданий и сооружений воспринимает те или иные нагрузки и подвергается действию окружающей среды.

Нагрузки вызывают деформации и внутренние напряжения в материале, поэтому проектирование зданий и сооружений требует точных характеристик прочностных и деформативных свойств применяемых материалов, называемых **механическими свойствами**.

Мелкопористая структура свойственна, например, керамическим материалам с порами, полученными способами высокого водозатворения и введением выгорающих добавок.

Минералы – это природные физически и химически однородные тела, возникающие в земной коре в результате физико-химических процессов.

Минеральный состав показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся в вяжущем веществе или в каменном материале.

Морозостойкость – способность материала сохранять свою прочность при многократном попеременном замораживании в водонасыщенном состоянии и оттаивании в воде.

Н

Надежность представляет собой общее свойство, характеризующее проявление всех остальных свойств изделия в процессе эксплуатации.

Напряжение – мера внутренних сил, возникающих в деформируемом теле под воздействием внешних сил.

О

Огнестойкость – свойство, характеризующее способность материала сопротивляться действию огня при пожаре в течение определенного времени.

Отходы производства – это все виды остатков данного производства, которые имеют какую-то потребительскую ценность и могут быть использованы в материальном производстве.

П

Пластичность – способность материала деформироваться без разрыва сплошности под влиянием внешнего механического воздействия и сохранять полученную форму, когда действие внешней силы прекращается.

Прочность – свойство материалов сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (стеснённая усадка, неравномерное нагревание).

Р

Растворимость характеризует способность вещества образовывать с водой или органическими растворителями однородные

системы – растворы. Это свойство зависит от химического состава веществ, температуры и давления.

Релаксация – свойство материала самопроизвольно снижать напряжения при условии, что начальная величина деформации остаётся неизменной.

Ремонтопригодность – способность изделия к восстановлению исправности и сохранению заданной технической характеристики в результате предупреждения, выявления и устранения отказов.

Реология – наука о деформациях и текучести вещества, исследующая различные деформации материалов в зависимости от напряжений.

Рыхлoзернистые материалы – это заполнители для бетона, зернистые и порошкообразные материалы для мастичной теплоизоляции, засыпок и др.

С

Состав материала – химический, минералогический, фазовый (твёрдый, жидкий, газообразный) – зависит в большей степени от сырья, которое было использовано для производства материала, и в меньшей – от технологии его изготовления.

Сохраняемость – свойство изделия сохранять обусловленные эксплуатационные показатели как в течение срока хранения и транспортирования, установленного технической документацией, так и после него.

Стойкость – способность материала сопротивляться физическим и химическим воздействиям среды: воздуха и содержащихся в нем паров и газов, воды и растворенных в ней веществ, а также колебаниям температуры и влажности, совместному действию воды и мороза при многократном замораживании и оттаивании, воздействию химически агрессивных веществ – кислот, щелочей и др.

Структуру материала изучают на микроуровне при помощи микроскопов и на макроуровне – визуально.

Т

Теплоемкость – свойство, характеризующее способность материала поглощать при нагревании определенное количество тепла.

Теплопроводность – способность материала пропускать тепловой поток при условии разных температур поверхностей изделия.

Термостойкость – способность материала выдерживать без разрушений определенное количество резких колебаний температуры.

Твердость – способность материала сопротивляться проникновению в его поверхность другого, более твердого тела правильной формы.

У

Усадкой (усушкой) называют уменьшение размеров материала при его высыхании.

Упругостью твёрдого тела называют его свойство самопроизвольно восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней силы.

Ф

Фазовый состав материала и фазовые переходы воды, находящиеся в его порах, оказывают влияние на все свойства и поведение материала при эксплуатации.

Х

Химическая активность может быть положительной, если процесс взаимодействия приводит к упрочнению структуры (образование цементного, гипсового камня), и отрицательной, если протекающие реакции вызывают разрушение материала (коррозионное действие кислот, щелочей, солей).

Химический состав строительных материалов позволяет судить о ряде свойств материала, таких как огнестойкость, биостойкость, механические и другие технические характеристики.

Химическая (коррозионная) стойкость – это свойство, характеризующее способность материалов противостоять разрушающему действию агрессивных сред.

Хрупкостью твёрдого тела называют его способность разрушаться без образования заметных остаточных деформаций.

Я

Ячеистая структура характеризуется наличием макропор, свойственных газо- и пенобетонам, ячеистым пластмассам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Микульский В.Г. Строительные материалы : учеб. пособие / В.Г. Микульский [и др.]. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2004. – 536 с.
2. Киреева Ю.И. Строительные материалы : учеб. пособие. – Минск : Новое знание, 2005. – 400 с.
3. Айрапетова Г.А. Строительные материалы : учеб. пособие / Г.А. Айрапетова, Г.В. Несветаева. – Ростов н/Д : Изд-во «Феникс», 2004. – 608 с.
4. Косых А.В. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Искусственные и природные строительные материалы и изделия : учеб. пособие / А.В. Косых, Н.А. Лохова, И.А. Макарова. – Братск : БрГТУ, 2003. – 175 с.
5. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение : учеб. пособие. – М. : Высш. шк., 2004. – 701 с.
6. Попов Л.Н. Строительные материалы : учебник / Л.Н. Попов, И.Л. Попов. – М. : ГУП ЦНН, 2000. – 384 с.
7. Основин В.Н. Справочник по строительным материалам и изделиям / В.Н. Основин, Л.В. Шуляков, Д.С. Дубаго. – Ростов н/Д : Изд-во «Феникс», 2005. – 443 с.

ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Физические свойства

1.1. Параметры состояния

Истинная плотность (ρ) – масса (m) единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (V_a):

$$\rho = \frac{m}{V_a}.$$

Истинная плотность жидкости и материалов, полученных из расплавленных масс (металла, стекла, а также гранита, мрамора, базальта и других подобных горных пород), практически соответствует их плотности в естественном состоянии, так как объем внутренних пор у них весьма мал.

Размерность истинной плотности – г/см³, кг/м³.

Средняя плотность (ρ_m) – масса (m) единицы объема материала в естественном состоянии (V_e), т.е. вместе с порами и пустотами:

$$\rho_m = \frac{m}{V_e}.$$

Размерность средней плотности – г/см³ кг/м³ (т/м³). Средняя плотность не является величиной постоянной и изменяется в зависимости от пористости материала. Искусственные материалы можно получать с необходимой средней плотностью. Например, меняя пористость, получают бетон тяжелый (со средней плотностью 1 800...2 500 кг/м³) или легкий (со средней плотностью 500...800 кг/м³).

На величину средней плотности влияет влажность материала: чем выше влажность, тем больше средняя плотность. Среднюю плотность материалов необходимо знать для расчета их пористости, теплопроводности, теплоемкости, прочности конструкции (с учетом собственной массы) и подсчета стоимости перевозок материалов.

Для большинства строительных материалов (кирпич, газобетон, дерево и др.) $\rho > \rho_m$.

Для абсолютно плотных материалов (стекло, металл, битум) $\rho = \rho_m$.

Пористость (П) – степень заполнения объема материала порами:

$$\Pi = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{е}}};$$
$$V_{\text{е}} = V_{\text{а}} + V_{\text{п}},$$

где $V_{\text{п}}$ – объем пор; $V_{\text{а}}$ и $V_{\text{е}}$ – объем материала соответственно в абсолютно плотном и естественном состоянии.

Расчетно-экспериментальным методом общая пористость определяется по формуле

$$\Pi = \left(1 - \frac{\rho_m}{\rho} \right) \cdot 100.$$

Пористость выражают в долях объема материала, принимаемого за 1, или в % от объема.

Общая пористость (П) равна сумме объема закрытых (Π_z) и открытых (Π_o) пор: $\Pi = \Pi_z + \Pi_o$. От характера пористости (открытые или закрытые, мелкие или крупные) зависят эксплуатационные свойства материала. В частности, Π_z определяет его теплозащитные свойства и долговечность (морозостойкость), а Π_o полезна при создании акустических и звукопоглощающих материалов.

Пористость различных строительных материалов колеблется в значительных пределах и составляет: для гранита – 0,1...4,0 %, для керамического материала – 25...30 %, для тяжелого бетона – 5...10 %, для газобетона – 55...85 %, для пенопласта – 95 %, а пористость стекла и металла равна нулю.

Большое влияние на свойства материала оказывает не только величина пористости, но и размер и характер пор: мелкие (0,1 мм) или крупные (от 0,1 до 2,0 мм), замкнутые или сообщающиеся. Мелкие замкнутые поры, равномерно распределенные по всему объему материала, придают ему теплозащитные свойства.

Плотность и пористость в значительной степени определяют такие свойства материалов, как водопоглощение, водопроницаемость, морозостойкость, прочность, теплопроводность и др.

Насыпная плотность (ρ_n) – масса (m) единицы объема (V_n) рыхло насыпных зернистых или волокнистых материалов (цемент, песок, щебень, глина и др.):

$$\rho_n = \frac{m_n}{V_n}.$$

Насыпная плотность составляет: для песка – 1 500 кг/м³, для щебня – 1 450 кг/м³, для глинистых пород – 1 600 кг/м³.

Насыпную плотность необходимо знать для расчета складов, бункеров, транспортных и грузоподъемных операций, а также для определения межзерновой пустотности сыпучих материалов.

1.2. Гидрофизические свойства

Гигроскопичность – свойство капиллярно-пористого материала поглощать влагу из воздуха. Гигроскопичность зависит от химического состава материала и характера его пористости. Одни материалы энергично притягивают своей поверхностью молекулы воды (их называют гидрофильными), другие отталкивают их (их относят к гидрофобным). Последние стойко сопротивляются действию водной среды. Материалы с одинаковой пористостью, но имеющие более мелкие поры и капилляры, оказываются более гигроскопичными, чем крупнопористые.

Гигроскопичность, как правило, приводит к ухудшению технических свойств строительных материалов. С ней связано снижение активности (прочности) цемента и других минеральных вяжущих веществ за счет протекающих реакций сорбции паров воды, капиллярной конденсации и химического взаимодействия впитанной влаги с вяжущими. При гигроскопическом увлажнении ухудшаются теплозащитные свойства теплоизоляционных и стеновых материалов, снижается их прочность.

Гигроскопическая влагоемкость достигает: для сосны – 14 %, для пено- и шлакобетона – 3 %, для пеностекла – 1,3 %.

Капиллярное увлажнение – свойство капиллярно-пористого материала впитывать (поглощать) воду (жидкость) при непосредст-

венном соприкосновении (контакте) с ней за счет сил поверхностного натяжения, возникающих на границе раздела твердой и жидкой фаз. Этот показатель характеризуется интенсивностью всасывания, количеством поглощенной воды (жидкости) или высотой поднятия ее уровня (h):

$$h = 2\sigma - \cos\varphi / rg,$$

где σ – поверхность натяжения воды (жидкости); φ – краевой угол смачивания; r – радиус капилляра; g – ускорение свободного падения.

Для гидрофобных материалов (битума, полимеров) $\varphi > 90^\circ$; $\cos\varphi < 0$; $h_0 < 0$, т.е. капиллярного всасывания не происходит. Явление капиллярного увлажнения необходимо учитывать при выборе и монтаже материалов для фундаментов, стен и др. Прежде всего, следует предусматривать гидрофобизацию таких материалов.

Влажность (W) – содержание воды в материале, отнесенное к массе материала в сухом состоянии. Этот показатель зависит от влажности окружающей среды и структуры материала. При оценке материала пользуются показателем влажности W (отношение количества влаги, содержащейся в материале, к его массе в сухом состоянии), выраженным в процентах:

$$W = \frac{(m_2 - m_1)}{m_1} \cdot 100,$$

где m_1 и m_2 – масса образца соответственно сухого и влажного материала, г.

Влажность учитывают при транспортировке, хранении и приемке материалов. Она влияет на их теплопроводность, устойчивость к гниению и другие свойства.

Водопоглощение (W_m , W_v) – способность материала поглощать (впитывать) воду и удерживать ее в своих порах. Величина водопоглощения определяется разностью массы образца в насыщенном водой и абсолютно сухом состоянии. Различают объемное водопоглощение (W_v), когда указанная разность отнесена к объему образца, и массовое водопоглощение (W_m), когда эта разность отнесена к массе сухого образца.

Водопоглощение по объему и по массе выражают в процентах и вычисляют по формулам

$$W_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100;$$

$$W_v = \frac{m_b - m_c}{V_e} \cdot 100,$$

где m_c и m_b , – масса материала соответственно в сухом и насыщенном водой состоянии, г; V_e – естественный объем материала в сухом состоянии, см³; W_v не может превышать 100 %, а W_m для высокопористых материалов – может. Например, W_m керамических плиток для пола – не выше 4 %, для керамического кирпича – 8...20 %, для тяжелого бетона – 2...3 %, для газобетона – 60...70 %, для минераловатных плит – более 100 %.

Насыщение материала водой отрицательно влияет на их основные свойства: увеличивается средняя плотность и теплопроводность, понижается прочность.

Водостойкость – способность материала сохранять прочность после насыщения водой.

Этот показатель характеризуется величиной коэффициента размягчения (K_p), который равен отношению прочности материала при сжатии его в насыщенном водой состоянии (R_b) к прочности сухого материала (R_c): $K_p = R_b / R_c$.

Показатель K_p колеблется от 0 (необожженные глиняные материалы) до 1 (стекло, сталь, битум).

Материалы с K_p не менее 0,8 относят к водостойким (кирпич, бетон).

Влагоотдача – свойство материала отдавать влагу окружающей среде (воздуху), которое характеризуется количеством воды (в процентах по массе или объему стандартного образца), теряемой материалом в сутки при относительной влажности окружающего воздуха 60 % и температуре 20 °С.

Величина влагоотдачи имеет большое значение для многих материалов и изделий, например для стеновых панелей и блоков, мокрой штукатурки стен, которые в процессе возведения здания обычно отличаются повышенной влажностью, а в обычных условиях благодаря влагоотдаче высыхают. Вода испаряется до тех пор, пока не установится равновесие между влажностью материала стен и влажностью окружающего воздуха, т.е. пока материал не достигнет воздушно-сухого состояния.

Водопроницаемость – способность материала пропускать через свою толщу воду под давлением. Этот показатель характеризуется коэффициентом водопроницаемости (K_b), который равен количеству воды (V_b), прошедшей в течение одного часа через образец материала площадью (S) и толщиной (a) при разности давлений ($p_1 - p_2$) на граничных поверхностях материала:

$$K_b = V_b a / [S(p_1 - p_2) \cdot t] .$$

Марка по водопроницаемости (W_n) обозначает одностороннее гидростатическое давление, при котором образец не пропускает воду в условиях стандартного испытания. Материалу присваиваются следующие марки по водопроницаемости; $W_2, W_4, W_6, W_8, W_{12}$. Цифра указывает величину гидростатического давления в атмосферах. Чем ниже коэффициент водопроницаемости (K_b), тем выше марка по водопроницаемости (W_n). Водопроницаемость необходимо учитывать при выборе материалов для гидротехнического строительства, устройства резервуаров. К водонепроницаемым материалам относятся особо плотные (сталь, стекло, битум) и плотные материалы с замкнутыми порами (гидротехнический бетон специально подобранного состава). Высокой водонепроницаемостью отличаются гидроизоляционные, антикоррозионные и герметизирующие материалы.

Влажностные деформации – свойство пористых материалов изменять размеры (объем) при изменении влажности. При насыщении материала водой происходит его *набухание*, а при сушке – *усадка*. Например, величина усадки составляет: для древесины поперек волокон – 30...100 мм/м; для ячеистого бетона – 1...3 мм/м; для кирпича – 0,3..0,7 мм/м. Чередование увлажнения и высыхания пористого материала сопровождается попеременными деформациями набухания и усадки. Такие деформации наиболее характерны для конструкции из дерева и материала на основе древесных отходов (ДСП, ДВП, арболит). Влажностные деформации учитывают для назначения допусков при монтаже изделий.

Морозостойкость – свойство насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание с допустимой потерей прочности не более 25 % и массы не более 5 %.

Замерзание воды, заполняющей поры материалов, сопровождается увеличением ее объема примерно на 9 %, в результате чего возникает давление на стенки пор, приводящее к разрушению ма-

териала. Если образцы материала после испытания на морозостойкость не имеют следов разрушения, то ее степень устанавливают по коэффициенту морозостойкости $K_p = R_b/R_F$, где R_b, R_F – прочность при сжатии образцов соответственно в насыщенном водой состоянии и после испытания на морозостойкость. При $K_p > 0,75$ материал признается морозостойким.

Морозостойкость материала количественно оценивается маркой, измеряемой в циклах попеременного замораживания и оттаивания (F). Испытания проводятся путем переменного увлажнения материала в ванне с водой комнатной температуры и замораживания в холодильной камере при температуре от -15 до -20 °С.

Один-два цикла замораживания в лабораторных условиях дают эффект, близкий к 3–5-годичному атмосферному (погодному) воздействию.

Существует также ускоренный метод испытания, по которому образцы погружают в насыщенный раствор Na_2SO_4 и затем высушивают при температуре $10...110$ °С, при этом в порах материала образуются кристаллы $\text{Na}_2\text{SO}_4 - 5\text{H}_2\text{O}$ со значительным увеличением в объеме. Один цикл такого испытания приравняется к 5...10 циклам прямых испытаний замораживанием. К строительным материалам в зависимости от вида конструкции и характера работы сооружения предъявляют различные требования по морозостойкости. Так, марки по морозостойкости должны составлять: для стеновых материалов – F15, F25, F35; для дорожных – F50, F100, F200; для гидротехнических бетонов – F до 500.

Воздухостойкость – способность материала длительно выдерживать многократное систематическое увлажнение и высушивание без значительных деформаций и потери механической прочности. Испытанию на воздухостойкость должны подвергаться материалы, применяемые для цокольной части зданий, для устройства кровель, для бетонов переменного уровня гидротехнических сооружений и др.

1.3. Теплофизические свойства

Теплофизические свойства материала проявляются при воздействии на него тепловой энергии или температуры.

Теплопроводность – способность материала проводить через свою толщину тепловой поток, возникающий вследствие разности

температур на поверхностях, ограничивающих материал. Теплопроводность материала (λ), измеряемая в Вт/(м·°C) или Вт/(м·K), характеризуется количеством теплоты, проходящей через стену толщиной 1м и площадью 1м при перепаде температур на противоположных поверхностях в 1 °C в течение 1 часа. Теплопроводность служит сравнительной характеристикой при оценке теплозащитных свойств различных материалов и зависит от многих факторов: природы материала, его строения, пористости, влажности, а также от средней температуры, при которой происходит передача теплоты. Материал с кристаллическим строением обычно более теплопроводен, чем с аморфным. Если материал имеет слоистое или волокнистое строение, то теплопроводность его зависит от направления потока теплоты по отношению к волокнам. Например, теплопроводность древесины вдоль волокон в два раза больше, чем поперек.

На теплопроводность материала в значительной мере влияют величина пористости, размер и характер пор. Мелкопористые материалы менее теплопроводны, чем крупнопористые, даже если их пористость одинакова. Материалы с замкнутыми порами имеют меньшую теплопроводность, чем материалы с сообщающимися порами. Теплопроводность однородного материала зависит от величины его средней плотности.

На практике теплопроводность материала определяют в зависимости от величины его средней плотности по формуле В.Н. Некрасова (ρ_m):

$$\lambda = 1,16 \left(\sqrt{0,0196 + 0,22\rho_m^2} - 0,14 \right), \quad (1)$$

где ρ_m имеет размерность т/м³.

Точное значение λ обычно определяют экспериментально.

Теплопроводность λ , Вт/(м·°C), для некоторых распространенных материалов такова: тяжелый бетон – 1,0...1,7; кирпич керамический – 0,7...0,8; легкий бетон – 0,25...0,4; газобетон – 0,1...0,2; изделия из минеральной ваты – 0,04...0,09; поропласты – 0,03...0,04; воздух – 0,002; вода – 0,58.

Влажные материалы более теплопроводны, чем сухие. Объясняется это тем, что теплопроводность воды в 25 раз выше теплопроводности воздуха. При повышении температуры теплопровод-

ность увеличивается, что имеет значение для теплоизоляционных материалов, применяемых для изоляции трубопровода, котельных установок и др.

Теплопроводность – важный показатель при выборе материала для ограждающих конструкций и определении их толщины, а также при расчете толщины материала для тепловой изоляции горячих поверхностей (котлы, трубопроводы и др.).

Величину, обратную теплопроводности, называют **термическим сопротивлением** и определяют по формуле

$$R = \frac{\alpha}{\lambda},$$

где α – толщина слоя материала, м.

При расчете многослойной ограждающей конструкции (стены) формула принимает вид

$$R = \frac{\alpha_1}{\lambda_1} + \frac{\alpha_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\alpha_n}{\lambda_n} + 0,2,$$

где $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$ – толщина слоев, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_n$ – теплопроводность материала каждого слоя, Вт/(м·°C); 0,2 – сумма термического сопротивления воздуха у наружной и внутренней сторон ограждающей конструкции.

Теплоемкость – свойство материала поглощать при нагревании определенное количество теплоты и выделять ее при охлаждении.

Показателем теплоемкости, Дж/(кг·°C), служит удельная теплоемкость (c), которая показывает количество тепла, необходимого для нагревания 1 кг материала на 1 °C:

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)},$$

где Q – количество тепла, затраченного на нагревание материала от t_1 до t_2 . Дж; m – масса материала, кг.

Удельная теплоемкость c , кДж/(кг·°C), воды составляет 4,2; лесных материалов – 2,4...2,7; тяжелого бетона – 0,8...0,9; природных каменных материалов – 0,75...0,92; стали – 0,5.

Теплоемкость материалов учитывают при расчетах теплоустойчивости стен и перекрытий отапливаемых зданий, подогрева

составляющих бетона и раствора для зимних работ, а также при расчете печей.

С повышением влажности материала теплоемкость возрастает.

Огнестойкость – способность материала противостоять действию высоких температур и воды в условиях пожара.

Строительные материалы по огнестойкости подразделяются на нескгораемые, трудноскгораемые, скгораемые.

Нескгораемые материалы под действием огня или высокой температуры не воспламеняются, не тлеют и не обугливаются. Это природные каменные материалы, кирпич, бетон, сталь. *Трудноскгораемые* материалы под действием огня с трудом воспламеняются, тлеют или обугливаются, но после удаления источника огня их горение и тление прекращаются. Примером таких материалов могут служить древесно-цементный материал фибролит и асфальтовый бетон. *Скгораемые* материалы под воздействием огня или высокой температуры воспламеняются и продолжают гореть после удаления источника огня. В первую очередь это древесина, войлок, толь и рубероид.

Тепловое расширение – способность материала расширяться при нагревании. Этот показатель характеризуется коэффициентами линейного (α) и объемного (β) термического расширения, между которыми существует математическая зависимость $\beta \cong 3\alpha$. Коэффициент термического расширения (КТР) численно равен относительному удлинению образца материала при нагревании на 1°C и выражается в $\text{м}/^\circ\text{C}$. Это свойство имеет важное значение при проектировании температурно-деформационных швов в гидротехнических сооружениях, зданиях большой протяженности, бетонных облицовках каналов, при создании композиционных материалов (например, бетон, глазурованная керамика). Значения КТР для тяжелого бетона $(10...14) \cdot 10^{-6}$ и стали $(11,0...11,9) \cdot 10^{-6}$ относительно близки, что позволило создать железобетон, отличающийся высокой прочностью.

Огнеупорность – свойство материала противостоять длительному воздействию высоких температур, не деформируясь и не расплавляясь. По степени огнеупорности материалы подразделяются на легкоплавкие (огнеупорность менее 1350°C), тугоплавкие ($1350...1580^\circ\text{C}$) и огнеупорные (более 1580°C).

Важно знать показатель огнеупорности материалов, применяемых для футеровки печей, тепловых агрегатов, газоходов.

2. Механические свойства

Механические свойства характеризуют способность материала сопротивляться деформирующему или разрушающему воздействию внешних сил. К механическим свойствам относят прочность, упругость, пластичность, хрупкость, сопротивление удару, твердость, истираемость, износ.

Материал может деформироваться под действием внешних сил. При этом возникают деформации такой величины, при которой материал разрушается. После снятия нагрузки материал может восстанавливать размеры и форму или оставаться в деформированном виде (при условии, что он не был разрушен). Один и тот же материал может подвергаться всем видам деформаций при разных нагрузках. В то же время деформации возникают у разных материалов при одинаковой или разных нагрузках. Характер и величина деформации зависят также от скорости нагружения и температуры материала. Чаще всего с повышением скорости нагружения и с понижением температуры деформации по своему характеру приближаются к упругопластичным.

Упругость – свойство материала сопротивляться под нагрузкой, принимать после снятия нагрузки первоначальную форму и размеры. Наибольшее напряжение, при котором материал еще обладает такой способностью, называется пределом упругости. Упругость является положительным свойством строительных материалов. В качестве примера можно назвать резину, сталь, древесину.

Модуль упругости (модуль Юнга) характеризует меру жесткости материала, т.е. его способность сопротивляться упругому изменению формы и размеров при приложении внешних сил. Известно соотношение, выражающее закон Гука:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E},$$

где σ – одноосное напряжение; E – упругая относительная деформация.

Существует прямая зависимость модуля упругости от вида и энергии химических связей, действующих между атомами и молекулами данного материала. Материалы с высокой энергией межатомных связей характеризуются большим модулем упругости.

Пластичность – свойство материала изменять под нагрузкой размеры и форму без образования трещин и разрывов и сохранять эту форму после удаления нагрузки. Это свойство противоположно упругости, и его необходимо учитывать при выборе материалов для несущих конструкций. Для таких конструкций целесообразно применять материалы, которые наряду с большой упругостью обладают высокой пластичностью. В подобных материалах разрушение не будет происходить внезапно, как, например, у стали.

К пластичным материалам относятся глиняное тесто, свинец, нагретый битум.

Хрупкость – свойство материала мгновенно разрушаться под действием нагрузки без предварительной деформации. Как правило, хрупкость проявляется при ударных нагрузках. Обычно для хрупких материалов пределы прочности при растяжении и сжатии значительно отличаются (в 10... 15 и более раз). Характер разрушения строительных материалов зависит от температуры, влажности, скорости нагружения. К хрупким материалам относят природные камни, керамические материалы, стекло, чугун.

Релаксация – свойство материала самопроизвольно снижать напряжения, при условии что начальная величина деформации зафиксирована жесткими связями и остается неизменной. В условиях релаксации напряжений может измениться характер начальной деформации, например из упругой постепенно перейти в необратимую (пластическую), при этом изменения размеров не происходит. Такое исчезновение напряжений возможно за счет межмолекулярных перемещений и переориентации внутримолекулярной структуры.

Время, в течение которого первоначальная величина напряжения снижается в $e = 2,718$ раз (e – основание натуральных логарифмов), называют *периодом релаксации*, который меняется от 10^{-10} с для материалов жидкой консистенции до $2 \cdot 10^{-10}$ с (десять лет и больше) – для твердых материалов. Чем меньше период релаксаций, тем более поврежден деформациями материал.

Прочность – свойство материала сопротивляться, не разрушаясь, внутренним напряжениям и деформациям, возникающим от внешних нагрузок. Строительные материалы в зданиях и сооружениях испытывают различные внутренние напряжения (сжатие, растяжение, изгиб, срез, удар и др.). От прочностных показателей зависит выбор максимальных нагрузок, которые может воспринимать данный элемент при заданном сечении. Кроме того, по заданной нагрузке можно рассчитать целесообразное сечение конструкций из определенного материала.

Прочность материала характеризуется пределом прочности при сжатии, изгибе, растяжении (МПа). Пределом прочности называют напряжение, соответствующее нагрузке, при которой происходит разрушение материала. Предел прочности при сжатии ($R_{сж}$) или растяжении ($R_{раст}$) вычисляют по формуле

$$R_{сж} (R_{раст}) = \frac{P}{S},$$

где P – разрушающая сила, Н; S – площадь сечения образца до испытания, мм².

Для определения предела прочности при изгибе (R_u) испытывают образцы материалов в виде балочек, расположенных на двух опорах. В зависимости от схемы загрузки образца расчет предела прочности при изгибе (МПа) производят по следующим формулам:

– при одном грузе, расположенном по середине балки прямоугольного сечения,

$$R_u = \frac{3Pl}{2bh^2};$$

– при двух равных грузах, расположенных симметрично горизонтальной оси балки,

$$R_u = \frac{3P(l-a)}{bh^2},$$

где P – разрушающая сила, Н; l – расстояние между опорами, мм; a – расстояние между грузами, мм; b и h – ширина и высота балки в поперечном сечении, мм.

Предел прочности материала определяют опытным путем, испытывая в лаборатории на гидравлических прессах или разрывных

машинах специально изготовленные образцы. Для испытания материалов на сжатие образцы изготавливают в виде куба или цилиндра, на растяжение – в виде круглых стержней или полос, а на изгиб – в виде балочек. Форма и размеры образцов должны строго соответствовать требованиям ГОСТа или технических условий (ТУ) на каждый вид материала.

Предел прочности материала (чаще при сжатии) характеризует его марку. Этот показатель для строительных материалов колеблется в широких пределах: от 0,5 до 1 000 МПа и более. Марка по прочности является основным показателем для материалов и изделий, из которых выполняют несущие конструкции. Для большинства материалов предел прочности при сжатии значительно ниже, чем при изгибе. Так, каменные материалы при растяжении выдерживают нагрузку, которая меньше в 10...15 и более раз, чем при сжатии. Исключение составляют древесина, сталь и полимерные материалы.

Для строительных материалов, работающих в сооружениях, действующее напряжение должно быть меньше величины предела его прочности. В результате создается запас прочности, который необходим материалу из-за его неоднородности, возможности значительной деформации и появления трещин еще до достижения предела прочности, из-за усталости при переменных нагрузках, «старения» под влиянием окружающей среды и т.д. Запас прочности устанавливается нормативными требованиями в зависимости от вида и качества материала, долговечности и класса сооружения.

Часто для оценки прочностной эффективности материала используют *коэффициент конструктивного качества* (ККК), величина которого определяется делением предела прочности при сжатии на среднюю плотность материала: $R_{сж}/\rho_m$. Самыми эффективными являются материалы, имеющие наименьшую среднюю плотность и наиболее высокую прочность.

Строительные материалы, предназначенные для устройства полов промышленных зданий, дорожных и аэродромных покрытий, тротуаров и др., должны обладать специальными механическими свойствами, такими как сопротивление удару, твердость, истираемость и износостойкость.

Сопротивлением удару называют свойство материала сопротивляться разрушению под действием ударных нагрузок. Испы-

тания производят на приборах – копрах. Сопротивление удару характеризуется работой, затраченной на разрушение стандартного образца (Дж) и отнесенной к единице его объема (м^3) или площади (м^2).

Твердостью называют свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого материала. Твердость природных каменных материалов однородного строения определяют по шкале Мооса, которая составлена на 10 минералов с условным показателем твердости от 1 до 10 (самый мягкий – тальк с условным показателем 1, самый твердый – алмаз с показателем 10). Специально подобранные минералы расположены в такой последовательности, когда следующий по порядку материал оставляет черту на предыдущем. Показатель твердости испытываемого материала находится между показателями твердости двух соседних, из которых один царапает испытываемый материал, а на другом он сам оставляет черту. Твердость бетона, пластмасс определяют вдавливанием в испытываемый образец стандартного стального шарика. О величине твердости судят по глубине вдавливания шарика или по диаметру полученного отпечатка. Показатели твердости, полученные разными способами, нельзя сравнивать друг с другом. Высокая прочность материала не всегда говорит о его твердости (например, древесина по прочности при сжатии равнозначна бетону, а ее твердость значительно меньше, чем у бетона). Для некоторых материалов (например, металлов) существует определенная связь между твердостью и прочностью, для других (однородных каменных материалов) – между твердостью и истираемостью.

Истираемость – это свойство материала изменяться в объеме или массе под действием истирающих усилий. Одновременное воздействие истирания и удара характеризует износостойкость материала. Оба эти свойства определяют различными условными методами: истираемость – на специальных машинах (кругах) истирания, а износ – с помощью вращающихся барабанов, в которые вместе с пробой материала часто загружают определенное количество металлических шаров, усиливающих эффект измельчения. За характеристику истираемости принимают потерю массы или объема материала, отнесенных к 1 см^2 площади истирания, а за характеристику износа – относительную потерю массы образца

в процентах от первоначальной массы материала. Допустимые показатели истираемости и износа нормируются в соответствующих стандартах.

3. Химические и физико-химические свойства

Химические свойства характеризуют способность материала к химическим превращениям под воздействием веществ, с которыми он находится в соприкосновении.

Химическая стойкость – свойство материала сопротивляться действиям агрессивной среды. Агрессивная среда (кислоты, щелочи, растворы солей, газы), взаимодействуя с материалом, в ряде случаев вызывает его разрушение (коррозию). Степень разрушения зависит прежде всего от состава материала и его плотности. Коррозионную стойкость оценивают химическим анализом. Для приближенной оценки химической стойкости материала в кислых и щелочных средах можно воспользоваться модулем основности M_o :

$$M_o = \frac{[\%CaO + \%MgO + \%Na_2O(K_2O)]}{(\%SiO_2 + \%Al_2O_3)} .$$

При небольшом модуле основности, когда в неорганическом материале преобладает кремнезем, наблюдается высокая стойкость к кислотам. Если в составе неорганического материала преобладают основные оксиды и модуль основности достаточно высок, то этот материал обычно нестойк к кислотам и при этом не разрушается щелочами. Органические материалы (древесина, битумы, пластмассы) при обычных температурах относительно стойки к действию слабых кислот и щелочной среды. Однако значительная часть строительных материалов не обладает достаточной стойкостью к действию агрессивной среды и требует специальной защиты от коррозии.

Физико-химические свойства характеризуют влияние физического состояния материалов на протекание определенного химического процесса. К таковым относятся: дисперсность, адгезия, структурная прочность, вязкость.

Дисперсность характеризует размеры твердых частиц и капель жидкости. Некоторые строительные материалы (гипсовые вя-

жушие, цемент, глина, пигменты и т.п.) находятся в дисперсном состоянии и обладают большой суммарной поверхностью частиц. Показателем степени раздробленности материала и развитости его поверхности является удельная поверхность $S_{уд}$, которая характеризуется как поверхность единицы объема ($\text{см}^2/\text{см}^3$) или массы ($\text{см}^2/\text{г}$) материала.

Физико-химические свойства поверхностного слоя дисперсных частиц вещества сильно отличаются от его свойств «в массе». Тончайший поверхностный слой вещества обладает особым запасом энергии, поэтому с увеличением его удельной поверхности возрастает и его химическая активность, так как атомы (молекулы) на поверхности вещества находятся в неуравновешенном состоянии. В частности, цемент с удельной поверхностью 3 000...3 500 $\text{см}^2/\text{г}$ через одни сутки твердения связывает 10...13 % воды, а с удельной поверхностью 4 500...5 000 $\text{см}^2/\text{г}$ – около 18 %.

Адгезия – свойство одного материала прилипать к поверхности другого. Адгезия двух различных материалов зависит от их природы, формы, состояния поверхности и условий контакта и развивается в результате сложных поверхностных явлений, возникающих на границе раздела фаз. Этот показатель характеризуется прочностью сцепления при отрыве одного материала от другого. Важное значение адгезионные свойства имеют при получении композиционных материалов и изделий (бетонов разных видов, клееных изделий и конструкций, отделочных материалов).

Многие строительные материалы в процессе их изготовления проходят стадию пластично-вязкого состояния (гипсовое, цементное, глиняное тесто, свежеприготовленные растворные и бетонные смеси, мастики, формируемые материалы из полимеров и т.д.). По своим физическим свойствам пластично-вязкие тела занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми. В частности, тесто можно разрезать ножом, чего нельзя сделать с жидкими материалами, и в то же время оно принимает форму сосуда, в который помещено, т.е. ведет себя как жидкость. Пластично-вязкие смеси характеризуются реологическими показателями: структурной прочностью, вязкостью и тиксотропией.

Структурная прочность – прочность внутренних связей между частицами материала. Ее оценивают предельным напряжением сдвига, соответствующим напряжению в материале, при котором

он начинает течь подобно жидкости. Это происходит тогда, когда в материале нарушаются внутренние связи между частицами – разрушается структура.

Вязкость – способность материала поглощать механическую энергию при деформировании образцов. Когда пластично-вязкий материал начинает течь, напряжение в нем зависит уже от скорости деформации. Коэффициент пропорциональности, связывающий скорость деформации и необходимое для этого напряжение, называют вязкостью ($\text{Па} \cdot \text{с}$).

Тиксотропия – способность пластично-вязких смесей обратимо восстанавливать свою структуру, разрушенную механическими воздействиями. Физическая основа тиксотропии – разрушение структурных связей внутри пластично-вязкого материала, при этом материал теряет структурную прочность и превращается в вязкую жидкость, а после прекращения механического воздействия обретает структурную прочность. Явление тиксотропии используют при виброуплотнении бетонных и растворных смесей, при нанесении мастичных и окрасочных составов шпателем или кистью и т.д.

4. Технологические свойства

Технологические свойства, такие как дробимость, распиливаемость, шлифуемость, имеют важное практическое значение, ибо от них зависят качество и стоимость готовых изделий и конструкций. Для оценки технологических свойств некоторых материалов разработаны числовые показатели и методы их определения (например, дробимость каменных материалов, подвижность и удобоукладываемость бетонных смесей, укрывистость красочных составов и др.). Для большинства же материалов установлены лишь качественные характеристики технологических свойств.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1

Образец камня неправильной формы в сухом состоянии весил на воздухе 75 г. После покрытия поверхности образца парафином масса его в воде составила 35 г. При этом израсходовано парафина 0,70 г со средней плотностью 0,8 г/см³. Вычислить среднюю плотность камня (плотность воды принять 1 г/см³).

Решение:

Объем парафина на покрытие камня

$$V_{\pi} = \frac{m_{\pi}}{\rho_{\pi}},$$

$$V_{\pi} = \frac{0,70}{0,8} = 0,875 \text{ см}^3,$$

где V_{π} – объем парафина; m_{π} – масса парафина; ρ_{π} – средняя плотность парафина.

Объем образца

$$V = \frac{m_c - m_b}{\rho_b} - V_{\pi},$$

$$V = \frac{75 - 35}{1} - 0,875 = 39,125 \text{ см}^3,$$

где V – объем образца; m_c – масса образца камня в сухом состоянии; m_b – масса образца камня в воде; ρ_b – средняя плотность воды.

Средняя плотность камня

$$\rho = \frac{m_c}{V},$$

$$\rho = \frac{75}{39,125} = 1,92 \text{ г/см}^3,$$

где ρ – средняя плотность образца.

Задача 2

Цилиндрический образец горной породы диаметром 4 см и высотой 4 см весит в сухом состоянии 243 г. После насыщения водой его масса увеличилась до 250 г. Определить среднюю плотность камня и его водопоглощение.

Решение:

Объем образца

$$V = \pi r^2 h,$$

$$V = 3,14 \cdot 2^2 \cdot 4 = 50,24 \text{ см}^3,$$

где V – объем образца; $\pi = 3,14$; r – радиус; h – высота.

Средняя плотность

$$\rho_v = \frac{243}{50,24} = 4,84 \text{ г/см}^3.$$

Влажность по массе

$$W_m = \frac{250 - 243}{243} \cdot 100 \% = 2,88 \ \%.$$

Влажность по объему

$$W_v = \rho_v \cdot W_m,$$

$$W_v = 4,84 \cdot 2,88 = 13,94 \ \%.$$

Задача 3

Образец камня в сухом состоянии весит 78 г, а после насыщения водой – 80 г. Вычислить пористость и истинную плотность камня, если его средняя плотность $2,67 \text{ г/см}^3$, а водопоглощение 4,1 %.

Решение:

Влажность по массе

$$W_m = \frac{80 - 78}{78} \cdot 100 \% = 2,6 \ %,$$

$$\rho = \frac{W_v}{W_m},$$

$$\rho = \frac{4,1}{2,6} = 1,58 \text{ г/см}^3.$$

Пористость

$$\Pi = \frac{\rho - \rho_v}{\rho} \cdot 100 \%,$$
$$\Pi = \frac{2,67 - 1,58}{2,67} \cdot 100 \% = 40,8 \%.$$

Плотность

$$\rho = 100 - \Pi,$$
$$\rho = 100 - 40,8 \% = 59,2 \%.$$

Задача 4

Какое количество обыкновенного красного кирпича можно приготовить из 5 т глины? Влажность глины 10 %, ППП 8 % от массы сухой глины. Кирпич должен быть со средней плотностью 1 750 кг/м³.

Решение:

Масса глины после обжига составляет: 5 000 : 1,1 : 1,08 = 4 209 кг. Объем одного кирпича равен: 1 · 2,5 · 1,2 · 0,65 = 1,95 м³. Один кирпич со средней плотностью 1 750 кг/м³ весит 1 750 · 1,95 = 3 412 кг. Из 4 209 кг обожженной глины можно получить следующее количество кирпичей со средней плотностью 1 750 кг/м³:

$$\frac{4209}{3412} \cdot 1000 = 1230 \text{ шт.}$$

Задача 5

Требуется получить 1 000 шт. пористого кирпича со средней плотностью 1 000 кг/м³. Средняя плотность обыкновенного кирпича из этой глины 1 800 кг/м³. Рассчитать количество древесных опилок (по массе), необходимых для получения 1 000 шт. пористого кирпича, если средняя плотность опилок 300 кг/м³.

Решение:

Масса 1 000 шт. обыкновенного кирпича с объемом 1,95 м³ составляет: 1,95 · 1 800 = 3 510 кг.

При пористом кирпиче этот вес уменьшится на 1 560 кг (3 510 – 1,95 · 1 000).

Для уменьшения веса необходимо в кирпиче создать дополнительный объем пустот:

$$\frac{1800 - 1000}{1800} = 0,444 \text{ м}^3.$$

Эти пустоты создаются после выгорания опилок во время обжига кирпича. Следовательно, дополнительный объем пустот нужно заполнить опилками в количестве 133,2 кг ($0,444 \cdot 300$) на каждые 1 000 шт. кирпича.

Задача 6

Какое количество негашеной (комовой) извести получится при обжиге 10 т известняка, имеющего влажность 2 %? Содержание глинистых примесей – 10 %, песчаных примесей – 10 %.

Определить выход обожженной извести, ее активность (содержание СаО). К какому сорту будет относиться полученная комовая известь?

Решение:

При нагревании известняка вода в количестве 2 % испаряется в количестве 200 кг ($10\,000 \cdot 0,02$).

Сухого известняка останется 9 800 кг ($10\,000 - 200$).

При обжиге глинистые примеси потеряют химически связанную воду в следующем количестве:



$$102 + 120 + 36 = 258.$$

Содержание воды в глине определяется так: $\frac{36}{258} = 0,14$.

Следовательно, в извести останется глинистых примесей ≈ 843 кг ($0,1 \cdot 9\,800(1 - 0,14)$).

Песчаные примеси во время обжига не разлагаются и останутся в извести в количестве 980 кг ($0,10 \cdot 9\,800$).

Чистого известняка будет 7 977 кг ($9\,800 - (843 + 980)$).

При обжиге известняка происходит следующая химическая реакция:



Из 7 977 кг чистого известняка получится чистой комовой извести 4 467 кг ($7\,977 \cdot 0,56$), но в смеси с обожженной известью останутся глинистые и песчаные примеси, тогда выход извести увеличится, т.е. $4\,467 + 843 + 980 = 6\,390$ кг.

Активность извести (содержание CaO) составляет
 $4\,467 : 6\,390 = 0,70$ или 70 %.

Увеличение выхода извести не повышает ее качества, и это не дает экономии для строительства, так как известь будет относиться ко 2-му сорту.

Задача 7

Рассчитать, сколько получится негашеной и гидратной извести из 20 т известняка. Содержание в известняке CaO составляет 85 % по массе, а его естественная влажность – 8 %.

Решение:

При нагревании известняка испарится 1 600 кг воды ($20\,000 \cdot 0,08$). Тогда сухого известняка остается 18 400 кг ($20\,000 - 1\,600$).

Количество примесей в известняке составляет 2 760 кг ($18\,400 \cdot 0,15$).

Чистого известняка остается 15 640 кг ($18\,400 - 2\,760$).

Чистой негашеной извести в данном составе столько:

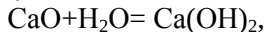


$$15\,640 \cdot \frac{56}{100} = 8\,758 \text{ кг.}$$

Но примеси в количестве 2 760 кг останутся и в негашеной извести. Тогда общий вес негашеной извести будет

$$8\,758 + 2\,760 = 11\,518 \text{ кг.}$$

Из этого количества негашеной извести можно получить гидратную известь по формуле



$$56 + 18 = 74.$$

Тогда гидратной извести будет

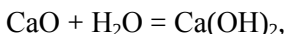
$$8758 \cdot \frac{74}{56} = 11\,569 \text{ кг.}$$

Задача 8

Какой будет выход известнякового теста по весу и объему из 1 т негашеной извести, если она имеет активность (содержание CaO) 70 %? Содержание воды в тесте 50 % от общего веса, а средняя плотность известкового теста 1 400 кг/м³.

Решение:

Из 1 грамм-молекулы негашеной извести по реакции получается гашеная известь



$$56 + 18 = 74.$$

А из 1 т негашеной извести получим

$$1\,000 \cdot \frac{74}{56} = 1\,321 \text{ кг.}$$

С учетом 30 % примесей, масса извести

$$1\,000 \cdot \left(\frac{74}{56} \cdot 0,7 + 0,3 \right) = 1\,225 \text{ кг.}$$

В известковом тесте известь составляет 50 % по весу, остальные 50 % – вода, следовательно, на 1 225 кг гидратной извести необходимо ввести 1 225 л воды. Тогда известкового теста будет 2 450 кг (по массе) или по объему 1,75 м³ (2 450 : 1 400).

Задача 9. Проектирование состава бетона

Проектирование состава бетона заключается в определении необходимого количества исходных материалов (вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителей) на 1 м³ уплотнённой бетонной смеси. От правильности такого проектирования зависит средняя плотность бетона, которая, в свою очередь, определяет такие свойства, как прочность, водонепроницаемость, теплопроводность и морозостойкость.

Рациональным считается тот состав бетона, в котором расход вяжущего минимальный, а заполнителей (особенно крупных) – максимальный, при условии получения плотного бетона.

Порядок выполнения работы

Для определения состава бетона необходимо иметь следующие исходные данные, характеризующие качество цемента и заполнителей:

1. Характеристика бетона:

- класс и марка бетона;
- удобоукладываемость бетонной смеси.

2. Характеристика заполнителей:

- гранулометрический состав;
- влажность;
- истинная и насыпная плотность;
- объем межзерновых пустот крупного заполнителя;
- наибольший размер зерен крупного заполнителя.

3. Характеристика цемента:

- марка М400;
- истинная плотность $3\,100\text{ кг/м}^3$.

Пример:

Рассчитать номинальный состав тяжелого бетона для массивных армированных конструкций. Требуется бетон М300. Материалы: портландцемент М400 с истинной плотностью $3,1\text{ кг/л}$; песок средней крупности с водопотребностью 7% и истинной плотностью $2,63\text{ кг/л}$; гранитный щебень с предельной крупностью 40 мм , истинной плотностью $2,6\text{ кг/л}$ и насыпной плотностью $1,48\text{ кг/л}$. Заполнители рядовые. Подвижность 4–6 см.

Решение:

Водоцементное отношение находят из эмпирических формул

$$R_6 = AR_{\text{ц}} (\text{Ц/В} - 0,5) \text{ или } R_6 = A_1 R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} + 0,5).$$

Значения коэффициентов A и A_1 принимают по табл. П. 2.1.

Таблица П. 2.1

Значения коэффициентов A и A_1

Характеристика заполнителей бетона	A	A_1
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

Первую из формул рекомендуются применять в следующих случаях:

при $A = 0,65$ и $R_6 \leq 1,3 R_{ц}$;

$A = 0,60$ и $R_6 \leq 1,2 R_{ц}$;

$A = 0,55$ и $R_6 \leq 1,1 R_{ц}$.

Если требуется более высокая прочность бетона, следует пользоваться второй формулой.

Для бетонов с $V/C \geq 0,4$ применима первая формула, для бетонов с $V/C < 0,4$ – вторая.

В нашем случае $R_6 = \frac{300}{400} = 0,75 R_{ц}$, поэтому воспользуемся первой формулой с $A = 0,60$:

$$V/C = \frac{0,6 R_{ц}}{R_6 + 0,5 \cdot 0,6 R_{ц}} = \frac{0,6 \cdot 400}{300 + 0,3 \cdot 400} = 0,572 .$$

Примем $V/C = 0,57$.

Ориентировочный расход воды определяют по таблице в [1, с. 263] в зависимости от требуемой подвижности или жесткости (удобоукладываемости) бетонной смеси, наибольшей крупности гравия (щебня) и других факторов (табл. П. 2.2). Степень подвижности или жесткости бетонной смеси зависит от вида конструкций или изделий, густоты их армирования, способов укладки и уплотнения бетонной смеси и т.д.

Согласно таблице расход воды $B = 175 \text{ л/м}^3$.

Расход цемента определяем так:

$$Ц = B/V/C = 178:0,57 = 312 \text{ кг/м}^3 \text{ бетона.}$$

Таблица П. 2.2

Удобоукладываемость бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		Наибольший размер зерен заполнителей, мм					
		Гравий			Щебень		
Осадка конуса, см	Жесткость, с	10	20	40	10	20	40
0	150...200	145	130	120	155	145	130
0	90... 120	150	135	125	160	150	135
0	60...80	160	145	130	170	160	145
0	30...50	165	150	135	175	165	150
0	20...30	175	160	140	185	175	155
1	15...20	180	165	145	195	180	160
2,0...2,5	—	185	170	150	200	185	165
3...4	—	190	175	155	205	190	170
5	—	195	180	160	210	195	175
7	—	200	185	170	215	200	180
8	—	210	195	175	220	205	185
10...12	—	220	205	185	230	215	195

Пустотность щебня

$$\Pi_{\text{щ}(\text{г})} = \frac{\rho_m^{\text{щ}(\text{г})} - \rho_{\text{нас}}^{\text{щ}(\text{г})}}{\rho_m^{\text{щ}(\text{г})}},$$

$$\Pi_{\text{щ}} = \frac{2600 - 1480}{2600} = 0,43,$$

где $\Pi_{\text{щ}(\text{г})}$ – пустотность щебня (гравия), в долях; $\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}(\text{г})}$ – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³; $\rho_m^{\text{щ}(\text{г})}$ – средняя плотность щебня (гравия), кг/м³.

Расход щебня вычисляют по формуле

$$\text{Щ} = \frac{1000}{V_n \cdot \alpha + \frac{1}{\rho_{\text{нас}}^{\text{щ}(\text{г})}} + \frac{1}{\rho_m^{\text{щ}(\text{г})}}},$$

$$\Pi = \frac{1000}{\frac{1,36 \cdot 0,43}{1480} + \frac{1}{2600}} = 1283 \text{ кг/м}^3 \text{бетона,}$$

где $\alpha = 1,36$ (α – коэффициент раздвижки зерен; берется по табл. П. 2.3 в зависимости от расхода цемента и водоцементного отношения).

Таблица П. 2.3

Значения коэффициента раздвижки зерен α

Расход цемента на 1 м ³ бетонной смеси	Значения α	
	Бетон на гравии	Бетон на щебне
250	1,34	1,3
300	1,42	1,36
350	1,48	1,42
400	1,52	1,47

Расход песка определяется по формуле

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{\Pi}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{B}{1} + \frac{\Pi}{\rho_{\text{щ}}} \right) \right] \cdot \rho_{\text{п}},$$

где Π – расход песка, кг; Π – расход цемента, кг; B – расход воды, кг, т.е.

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{312}{3,1} + 175 + \frac{1283}{2,6} \right) \right] \cdot 2,63 = 608 \text{ кг/м}^3 \text{бетона.}$$

Средняя плотность бетонной смеси

$$\rho_{\text{б.см}} = \Pi + \Pi + \Pi + B = 312 + 608 + 1283 + 175 = 2378 \text{ кг/м}^3.$$

Содержание воды в песке

$$B_{\text{п}} = \frac{\Pi}{100} W_{\text{п}} = \Pi \cdot W_{\text{п}} = 608 \cdot 0,07 = 42,56 \text{ кг/л.}$$

Содержание воды в щебне

$$B_{\text{щ}} = \Pi \cdot W_{\text{щ}} = 1283 \cdot 0,02 = 25,66 \text{ кг/л.}$$

Производственный расход воды

$$B_{\text{пр}} = B - (B_{\text{п}} + B_{\text{щ}}) = 175 - 42,56 - 25,66 = 106,8 = 107 \text{ кг/л.}$$

Производственный расход песка

$$\Pi_{\text{пр}} = \Pi + B_{\text{п}} = 608 + 42,56 = 650,6 = 651 \text{ кг/м}^3.$$

Производственный расход щебня

$$\Pi\text{щ}_{\text{пр}} = \Pi\text{щ} + B_{\text{щ}} = 1283 + 25,6 = 1308,6 = 1309 \text{ кг/м}^3.$$

Производственный расход цемента $\Pi_{\text{пр}} = 312 \text{ кг/м}^3$, т.е. остается без изменения.

Средняя плотность бетонной смеси

$$\rho_{\text{б.см}} = \Pi + B_{\text{пр}} + \Pi_{\text{пр}} + \Pi\text{щ}_{\text{пр}} = 312 + 107 + 651 + 1309 = 2379 \text{ г/м}^3,$$

т.е. равна средней плотности бетонной смеси лабораторного состава.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ

Таблица П. 3.1

Результаты испытаний крупного заполнителя

№ вар.	Частные остатки на ситах, г						Результаты испытаний на дробимость		Насыпная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³	Влажность, %
	70	40	20	10	5	Поддон	Масса навески до испытания, г	Масса навески после ис- пытания, г				
ГРАВИЙ												
1	–	3 600	960	400	40	–	400	395	1 520	2 533	2 800	4
2	–	1 990	2 460	600	30	20	3 000	2 945	1 546	2 576	2 800	3
3	–	–	3 980	900	80	40	400	345	1 548	2 592	2 800	3
4	–	2 500	1 970	500	30	–	400	349	1 543	2 615	2 800	5
5	–	1 690	2 670	600	30	10	400	338	1 537	2 605	2 800	7
ЩЕБЕНЬ												
6	–	1 990	2 300	660	30	20	400	376	1 482	2 502	2 930	3
7	–	2 270	2 080	600	30	20	400	344	1 519	2 625	2 930	6
8	–	1 850	2 420	690	40	–	400	336	1 543	2 615	2 930	2
9	–	1 690	2 600	680	30	–	400	342	1 537	2 599	2 930	7
10	–	1 910	2 380	70	30	10	400	358	1 546	2 576	2 930	1

Таблица П. 3.2

Результаты испытаний песка

№ вар.	Частные остатки на ситах, г						Насыпная плотность, кг/м ³	Средняя плот- ность, кг/м ³	Истинная плотность, кг/м ³	Влажность, %
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	прошло через сито 0,14 (пыль)				
1	240	360	100	120	140	40	1 520	2 533	2 592	7
2	148	150	280	230	142	50	1 548	2 592	2 608	9
3	260	193	136	321	82	8	1 482	2 502	2 590	11
4	241	359	100	135	125	40	1 490	2 520	2 598	8
5	180	276	203	189	122	20	1 543	2 615	2 623	11
6	273	302	116	258	41	10	1 487	2 500	2 631	4
7	158	226	344	105	117	50	1 537	2 605	2 613	6
8	162	232	289	200	105	12	1 542	2 586	2 597	9
9	205	285	153	206	130	21	1 456	2 433	2 693	10
10	280	100	125	175	190	30	1 451	2 456	2 631	7

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Общие сведения о строительных материалах.....	6
1.1. Состав и строение строительных материалов	9
1.2. Управление структурой материала для получения заданных свойств	15
1.3. Основные свойства строительных материалов	19
2. Виды строительных материалов и изделий	29
2.1. Керамические материалы и изделия	29
2.2. Стекло и плавные изделия	32
2.3. Неорганические вяжущие вещества	34
2.4. Бетоны и строительные растворы.....	39
2.5. Битумные и дегтевые вяжущие вещества и материалы на их основе	46
2.6. Материалы и изделия из древесины	53
2.7. Полимерные материалы и изделия	56
2.8. Теплоизоляционные и акустические материалы и изделия ..	59
3. Отделочные материалы	64
Контрольные работы.....	66
Вариант 1	66
Вариант 2	67
Вариант 3	67
Вариант 4	68
Вариант 5	69
Вариант 6	69
Вариант 7	70
Вариант 8	71
Вариант 9	71
Вариант 10	72
Вопросы к экзамену	74
Словарь терминов	76
Литература	83
Приложение 1. Физико-механические характеристики строительных материалов	84
1. Физические свойства	84
2. Механические свойства	94
3. Химические и физико-химические свойства	99
4. Технологические свойства	101
Приложение 2. Примеры решения задач.....	102
Приложение 3. Характеристики заполнителей.....	113

Анна Владимировна Косых
Елена Николаевна Куванова

**Материаловедение.
Современные строительные
и отделочные материалы**

Учебно-методическое пособие

Редактор Н.И. Щербина
Компьютерная верстка А.В. Напалкова

Подписано в печать 03.09.2009

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$

Печать трафаретная.

Уч.-изд. л. 7,3. Усл. печ. л. 7,3.

Тираж 100 экз. Заказ

Отпечатано в издательстве ГОУ ВПО «БрГУ»
665709, Братск, ул. Макаренко, 40