

СИСТЕМЫ ТЕХНОЛОГИЙ ОТРАСЛЕЙ ЭКОНОМИКИ



Ижевск 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
Институт экономики и управления
Кафедра экономики

В.А. Иванов

Системы технологий отраслей экономики

Учебное пособие



Ижевск
2019

УДК 338.3(075.8)
ББК 65.291.57я73
И 201

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: д.т.н., профессор кафедры технологии и оборудования машино-
строительного производства Ижевского государственного техни-
ческого университета им. М.Т. Калашникова С.Д. Соловьев

Иванов В.А.

И 201 Системы технологий отраслей экономики: учебное пособие. – Ижевск:
Издательский центр «Удмуртский университет», 2019. – 110 с.

ISBN 978-5-4312-0698-6

В учебном пособии изложен системный подход к описанию производственно-технологической базы национальной экономики, рассмотрены вопросы получения и рационального использования основных ресурсов хозяйственной деятельности предприятий её отраслей – природного сырья, воды, энергии и промышленных материалов. Пособие предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки «Экономика» и «Управление персоналом». Пособие может полезно студентам специальности «Экономическая безопасность» при изучении ими дисциплины «Основы отраслевых технологий».

УДК338.3(075.8)
ББК 65.291.57я73

ISBN 978-5-4312-0698-6

© В.А. Иванов, 2019
© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1. Экономика как система технологий.....	7
1.1. Определение и структура технологической системы (системы технологий).....	7
1.2. Технологический процесс как функция технологической системы...	9
1.3. Иерархия технологических систем.....	12
Вопросы для самоконтроля.....	13
Тесты.....	14
Литература.....	17
2. Сырье, вода и энергия в промышленности.....	18
2.1. Сырье в промышленности.....	18
2.2. Вода в промышленности.....	24
2.3. Роль энергии в технологических процессах.....	29
Вопросы для самоконтроля.....	31
Тесты.....	31
Литература.....	38
3. Промышленные материалы.....	39
3.1. Назначение, классификация и свойства промышленных материалов.....	39
3.2. Металлические конструкционные материалы.....	46
3.2.1. Стали.....	46
3.2.2. Чугуны.....	52
3.2.3. Цветные металлы и их сплавы.....	54
3.3. Химическая продукция.....	62
3.4. Строительные материалы.....	74
3.5. Композиционные материалы.....	83
Вопросы для самоконтроля.....	88
Тесты.....	90
Литература.....	108
Ответы на тесты.....	109

ВВЕДЕНИЕ

Опыт развития мировой экономики показывает, что *конкурентоспособность экономики национальной* может быть обеспечена только на основе постоянного и своевременного *технологического обновления производства*. Состоявшаяся к настоящему времени замена актуального и популярного в 60-е годы прошлого века профессионального термина экономистов-управленцев «научно-технический прогресс» понятием «*технологический прогресс*» четко фиксирует – в 21 веке конкурентную борьбу выигрывает тот, кто не в ущерб качеству умеет делать продукцию *дешевле всех* благодаря *самой совершенной технологии* её производства. Можно сказать, что *тот, кто владеет технологией, владеет миром*.

Данное обстоятельство предполагает, что подготовка специалистов в области экономики и управления должна включать изучение выпускниками вузов *основ технологической культуры* и освоение ими *навыков технологического мышления*. Технологическая культура – это понимание материальной сути используемых в производстве технологических процессов, владение технологической терминологией как условие успешной совместной работы со специалистами инженерно-технического профиля. Технологическое мышление необходимо для адекватной оценки экономических, организационных, социальных, экологических и иных последствий совершенствования и развития производственной базы предприятия – главного звена любой национальной экономики – за счет внедрения новых технологий. Вообще, для того, чтобы управлять производством, анализировать хозяйственную деятельность фирмы, обеспечивать слаженное функционирование всех подразделений предприятия, определять социально экономическую эффективность разработки и внедрения в производство прогрессивных технологий, решать задачи количественного и качественного развития материально-технической базы производства за счет использования достижений науки и техники – , для всего этого необходимо иметь конкретное, и в то же время комплексное (системное) представление о данном производстве, о его технической структуре и о применяемых технологических процессах.

С учетом сказанного *целью* изучения дисциплины «Системы технологий отраслей экономики» является формирование у студентов *целостного, и потому правильного и полного представления о производственной базе* всех сегментов национальной экономики – промышленности, агропрома, сферы услуг, транспорта и т.д. – как о *системах*, обладающих иерархией, структурой, функциями (задачами), возможностями и ограничениями.

Пособие предназначено для студентов первого курса, обучающихся по образовательным программам *укрупненной группы направлений 38. Экономика и управление высшего профессионального образования – бакалавриатов «Экономика» и «Управление персоналом»*. Может быть полезно студентам *специальности «Экономическая безопасность»*, изучающим дисциплину «Основы отраслевых технологий» (также на первом курсе). Для указанных

образовательных программ учебное пособие ориентировано на *частичное* формирование у обучающихся следующих компетенций:

- для бакалавриата «Экономика» – **профессиональной компетенции ПК-5** (способности анализировать и интерпретировать информацию, содержащуюся в отчетности предприятий, и использовать полученные сведения для принятия управленческих решений);
- для бакалавриата «Управление персоналом» – **общепрофессиональной компетенции ОПК-10** (способности решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры);
- для специальности «Экономическая безопасность» – **профессиональной компетенции ПК-3** (способности на основе типовых методик и действующей нормативно-правовой базы рассчитывать экономические показатели, характеризующие деятельность хозяйствующих субъектов).

Структура дисциплины «Системы технологий отраслей экономики» включает *десять* последовательно осваиваемых тем:

- экономика как система технологий;
- сырье, вода и энергия в промышленности;
- промышленные материалы;
- топливно-энергетический комплекс;
- основы металлургии;
- технологии машиностроения;
- основные химико-технологические процессы;
- легкая и пищевая промышленность;
- строительный комплекс;
- основы земледелия, растениеводства и животноводства.

Данное учебное пособие является теоретической основой дисциплины «Системы технологий отраслей экономики» в части первых трех лекционных тем и предназначено для подготовки студентов к сдаче текущих форм контроля по ней – тестированию и письменному опросу по этим темам, а также к защите выполненных индивидуальных практических заданий по дисциплине и к сдаче семестрового экзамена по ней.

1. ЭКОНОМИКА КАК СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ

1.1. Определение и структура технологической системы (системы технологий)

Главный термин дисциплины – «*система технологий*» – состоит из двух понятий – «технология» и «система». Первое происходит тоже от двух слов, пришедших к нам из греческого языка – «технэ» (искусство, ремесло) и «логос» (знание, наука). Отсюда **технология**, дословно – это *наука о ремеслах*, или более конкретно, *наука, изучающая способы и процессы получения и переработки продуктов природы в предметы потребления и в средства производства*.

Решение задачи **производства**, как потребительских благ, так и орудий труда требует *сведёния* (комбинации, сборки) необходимых для этого *способов* преобразования используемого сырья (*технологий*) в некое упорядоченное и сложное сочетание, или в *систему*. В самом общем случае *под системой* и понимают объединение некоторого разнообразия в единое, но четко разделенное целое, элементы которого по отношению друг к другу занимают соответствующее структуре этого целого места.

Из данного толкования следует, что система всегда имеет **структуру** – способ или закон связи элементов системы между собой. При этом **связь** – это такое отношение между элементами системы, при котором изменение свойств одного вызывает изменение соответствующих свойств другого. Объединение элементов в систему с помощью связей между ними и в соответствии со структурой этой системы сообщает ей новое качество – **интегративность** или **эмерджентность** (в буквальном переводе с английского, «возникновение нового»). **Интегративность**, как сугубо **системное свойство**, присуще **только системе**, им не обладает элемент системы, даже если он тоже является сложным образованием или *подсистемой*.

Так сложилось, что определение «*система технологий*» используется в отечественной учебной и научной литературе, тогда как *нормативно-правовая база производственной деятельности*, в частности, Государственный стандарт (ГОСТ) Союза ССР, действующий и поныне, оперирует понятием «*технологические системы*». Соотношение между этими категориями можно охарактеризовать так – термины «**система технологий**» и «**технологическая система**» являются синонимами, **уточняющими и дополняющими** друг друга. Так, упомянутый ГОСТ, описанный выше учебный и научный смысл понятия «система технологий» именно *уточняет* следующим образом.

Технологическая система – это совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (технологического комплекса), предметов производства и исполнителей для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических процессов и операций. Из данного определения и его графической интерпретации (рис. 1.1) следует, что элементов технологической системы всегда **три**, а именно:

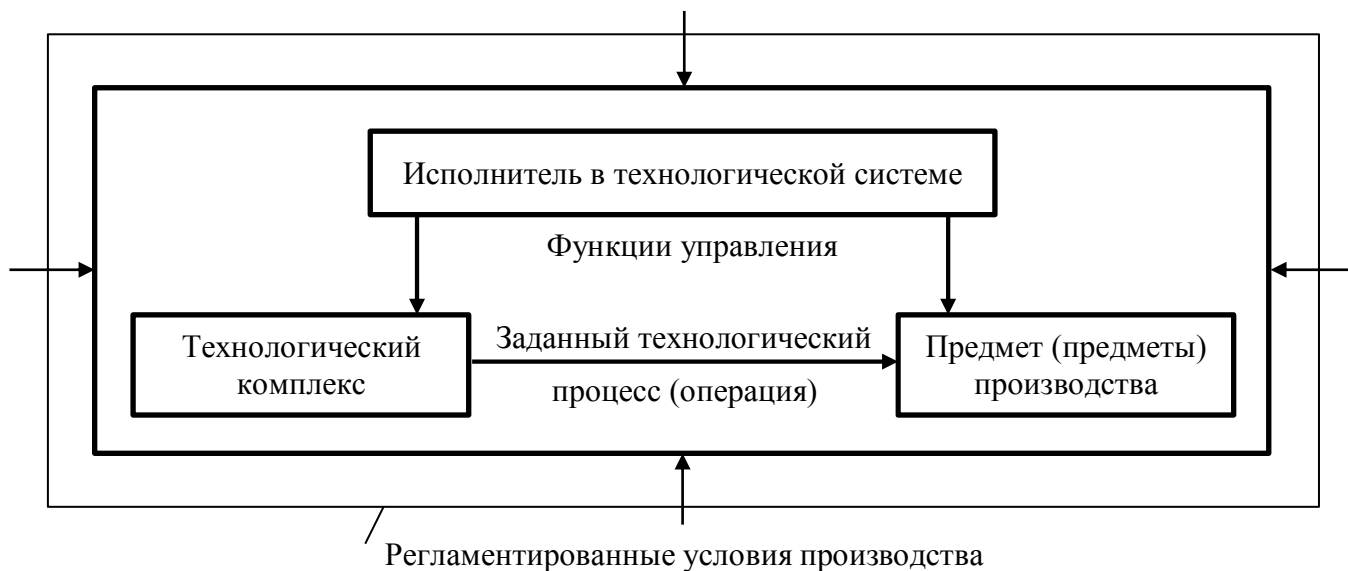


Рис. 1.1. Структура технологической системы

- функционально взаимосвязанные между собой средства технологического оснащения (орудия труда, оборудование конкретного вида и количества), образующие *технологический комплекс* – главный элемент любой технологической системы;
- *предмет (предметы) производства* – исходное для данной технологической системы сырье, подлежащее внутри неё преобразующему воздействию в соответствии с заданным технологическим процессом или операцией (об этих понятиях далее в разделе 1.2). Предметами производства могут быть *материалы, заготовки, полуфабрикаты и комплектующие изделия*. *Материал* – это *исходный* предмет производства, потребляемый для изготовления изделий (мука, необходимая для выпечки хлеба, или ткань для пошива одежды). *Заготовка* – это *промежуточный* предмет производства, из которого изготавливается *одна* деталь или *одно* изделие (кусочек листа металла, из которого штампуется один капот автомобиля, или поковка будущего зубчатого колеса). *Полуфабрикаты* – это заготовки, поступающие на предприятие-потребитель *извне*. Например, если завод имеет литейный цех, то идущие на последующую обработку отливки данного цеха – это заготовки. Если же собственного литейного производства у предприятия нет, оно покупает литые заготовки у сторонних поставщиков как полуфабрикаты. Наконец, комплектующее изделие – это полуфабрикат, изготовленный с использованием *сборочных* операций и подлежащий сборке (только!) в более сложное изделие на том предприятии, куда поставляется;
- *исполнитель в технологической системе* – человек, осуществляющий в ней функции управления по отношению к технологическому комплексу и к предмету (предметам) производства (см. рис. 1.1). В технологических системах *любых* отраслей экономики этот человек называется *одинаково* – **основной рабочий**.

Регламентированные условия производства (там же) – это параметры **внешнего окружения** технологической системы (источники и регулярность поступления предметов производства, параметры энергоснабжения, графики ремонтов оборудования, режим работы исполнителя и т.д.).

Каким образом понятие «система технологий», в свою очередь, *дополняет* термин «технологическая система», будет показано в разделе 1.3.

1.2. Технологический процесс как функция технологической системы

Как следует из того же рисунка 1.1, *функцией* технологической системы является выполнение заданного **технологического процесса** или **операции**. Именно эта функция – *цель* создания технологической системы и ожидаемое от неё *интегративное (эмерджентное)* качество (см. раздел 1.1).

Еще один действующий ГОСТ Союза ССР определяет **технологический процесс** как *действия по изменению состояния предмета производства*. Действия, выполняемые на *одном* рабочем месте и характеризующиеся *постоянством* предмета производства, технологического комплекса и характера воздействия на предмет производства, называются **операциями**, поэтому **технологический процесс** – это всегда **совокупность операций**. По этой же причине операцию называют *единичным* или *элементарным технологическим процессом*.

Безотносительно отраслей экономики существует **классификация технологических процессов** по различным признакам. Так, по своей **естественнонаучной сути** технологические процессы делятся на *физико-механические, химические и биологические*. При *физико-механическом воздействии* на предмет производства изменяются *физические и (или) механические свойства* его материала, а также *внешняя форма и размеры* предмета производства, неизменными же остаются внутреннее строение и состав его материала. Так, при разделении газовых смесей и растворов изменяется *концентрация* компонентов этих смесей и растворов, а в зоне сварки или пайки материалов – их *пластичность*. Главную группу физико-механических технологий составляют процессы изготовления изделий из металлических и неметаллических материалов – формообразование литьем и обработкой давлением, изготовление неразъемных соединений сваркой, пайкой, клепкой, обработка конструкционных материалов резанием, механосборочные операции и др. С помощью, например, механической обработки древесины (распиловки, строгания, сверления) из неё изготавливают мебель, из металлов литьем, штамповкой, сваркой, ковкой, резанием – разнообразнейшие детали машин и механизмов, из смеси цемента и волокон асбеста термообработкой и обработкой давлением – безобжиговые строительные изделия (водопроводные трубы, облицовочные плиты, кровельные материалы).

Химические технологические процессы характеризуются изменением не только физических свойств, внешней формы и размеров предмета производства, но и *агрегатного состояния, химического состава и внутреннего строения* его материала, то есть *получением новых веществ*. Химической пе-

реработкой, к примеру, из природного газа получают водород, этилен, ацетилен, метиловый спирт и другие необходимые разным отраслям экономики продукты, гидролизом древесины – скипидар, деготь, камфару, ванилин, спирты, нафталин, канифоль и т.п.

Биологические технологические процессы точнее было бы назвать **биохимическими**, поскольку от химических они отличаются только тем, что в преобразовании предмета производства принимают участие **живые организмы**, точнее, *микроорганизмы*. Вырабатываемый с их помощью конечный продукт (новое вещество, см. выше) называют *биокосным*, поскольку, будучи *неживой (косной)* материей, он (оно) производится с помощью материи *живой* как орудия труда. Примеры подобных продуктов – вина, сыры, кисломолочные изделия, продукция биотехнологии и генной инженерии.

По *способу организации* технологические процессы делятся на *дискретные (периодические), непрерывные и комбинированные (полунепрерывные)*. *Дискретный* технологический процесс характеризуется чередованием четко разграниченных периодов времени **работы** оборудования и времени его **простоя**, связанного с подготовкой к этой работе или с устранением её последствий. Например, чтобы обработать заготовку на металлорежущем станке, необходимо её сначала установить (позиционировать) и надежно закрепить в рабочей зоне этого станка, а после обработки потратить время на противоположные действия – освободить обработанную заготовку от закрепления и извлечь из рабочего пространства. Дискретная операция механической обработки получается состоящей из трех последовательно чередующихся периодов времени – нерабочего, рабочего и снова нерабочего.

Непрерывные технологические процессы осуществляются в технологических комплексах, где, в отличие от дискретных процессов, подача предмета производства в рабочее пространство оборудования, его (предмета производства) преобразование и выгрузка из рабочей зоны конечного продукта производятся *одновременно (параллельно)*, и потому **непрерывно**. Достигается это тем, что в технологическом комплексе непрерывного действия составляющие «загрузка – переработка – выгрузка» процесса преобразования предмета труда конструктивно реализуются в разных его частях. Например, подача нефти в ректификационную колонну осуществляется в одном месте по её высоте и диаметру, а извлечение продуктов перегонки нефти – легкой, средней и тяжелой фракций углеводородов – в других. Разделение же нефти на фракции (её перегонка) идет в колонне *одновременно* с этими действиями. Примерно также выглядит непрерывное производство цемента.

Комбинированные технологические процессы – это сочетание элементов дискретных и непрерывных процессов. Примерами могут служить выплавка чугуна в доменной печи и изготовление деталей на механообрабатывающих поточных линиях. В первом случае непрерывными *нерабочими* действиями являются загрузка сырья (железной руды) и топлива (кокса), а также выпуск готового продукта (чугуна). Последовательно же идущими внутри домны *рабочими* процессами выступают сгорание кокса и цепочка (тоже строгая последовательность!) химических реакций между продуктами этого

сгорания и железной рудой, завершающиеся получением чугуна. Полунепрерывный режим работы поточной линии выглядит примерно так же – последовательно, т.е. *дискретно* ведется механическая обработка деталей на каждом рабочем месте этой линии, и непрерывно, т.е. *параллельно* производится загрузка заготовок на её первое рабочее место и съём готовых деталей с последнего рабочего места поточной линии.

Чем выше степень непрерывности технологического процесса, тем лучше его экономические показатели, поскольку по сравнению с комбинированными и дискретными процессами непрерывные обладают следующими преимуществами:

- *отсутствие простоев оборудования*, тогда как в периодических и полунепрерывных процессах во время загрузки предмета производства и выгрузки конечного продукта эти простои есть;
- *возможность полной автоматизации производства* благодаря постоянству и устойчивости режима *непрерывной* работы технологического оборудования. В дискретных же и комбинированных процессах технологические режимы непостоянны и неустойчивы по той же причине – из-за наличия *простоев* этого оборудования, что затрудняет автоматизацию;
- *минимальная продолжительность производственного цикла* – ***наиболее важное преимущество*** – за счет одновременного (параллельного) выполнения всех действий, связанных с осуществлением технологического процесса.

В силу этого *тенденцией развития промышленного производства является замена периодических технологических процессов непрерывными*, а если это по техническим причинам невозможно, что бывает очень часто, то хотя бы полунепрерывными, то есть комбинированными.

По *кратности обработки предмета производства* различают технологические процессы с *разомкнутой (открытой), замкнутой (круговой, циркуляционной, циклической) и комбинированной (смешанной) схемой*. В процессах с *разомкнутой схемой* исходное сырье подвергается ***однократной*** переработке – из прутка металла конечной длины можно *один раз* нарезать такое же конкретное количество заготовок болтов, винтов или гаек. Лист фанеры конкретной площади позволяет также только *один раз* выкроить из него детали будущей мебели конкретного количества и конфигурации и т.д.

В процессах с *замкнутой схемой* предметы производства ***неоднократно возвращаются*** в начальную стадию этих процессов либо для повторного использования, либо для регенерации (восстановления потерянных свойств). В первом случае наиболее типичным примером процесса подобного рода является промышленное обратное водоснабжение. Так, в процессе работы металлорежущего оборудования для обеспечения качества обработки и повышения срока службы инструмента необходимо постоянно подавать специально приготовленную смазывающе-охлаждающую жидкость в зону резания. Из этой зоны она сбегает в резервуар для её сбора, после чего насосом снова подается в рабочее пространство станка. В качестве примера второй разновидности замкнутых технологических процессов можно привести высоко-

температурный крекинг нефти, когда для поддержания необходимого уровня активности катализатора его периодически извлекают из зоны реакции крекинга и в прокалочной печи выжигают углерод с поверхности катализатора.

Технологические процессы с *комбинированной схемой* сочетают в себе элементы процессов с открытой и круговой схемой. Так, при производстве серной кислоты одни промежуточные продукты химических реакций её получения обрабатываются по разомкнутой схеме, однократно и последовательно проходя ряд аппаратов, а другие как катализаторы циркулируют по замкнутой схеме.

Наиболее совершенные технологические процессы этой группы – процессы с замкнутой схемой, поскольку, во-первых, делают любое производство ресурсосберегающим, а порою и вообще безотходным, и, во-вторых, более компактны в плане расположения оборудования.

1.3. Иерархия технологических систем

Упомянутый в разделе 1.1 ГОСТ Союза ССР выделяет *четыре иерархических уровня технологических систем* по степени *возрастания сложности их структуры и выполняемых ими функций – технологических процессов* (см. раздел 1.2):

- *технологическая система операции*. Выполнение операции как единичного технологического процесса (там же) является функцией этой системы. Структурно технологическая система данного уровня оформляется в виде *рабочего места*, на котором выполняется операция;
- *технологическая система процесса* включает в себя в качестве подсистем совокупность технологических систем операций, относящихся либо к *одному виду воздействия на предмет производства* – физико-механическому, химическому или биологическому (также смотри раздел 1.2) – либо к *одному виду изготавливаемой продукции* (изделию, части изделия, его отдельной детали и т.д.). Структурно и та, и другая технологическая система оформляются в виде *производственного участка* как группы рабочих мест (см. выше) или в виде *цеха* – совокупности производственных участков;
- *технологическая система производственного подразделения* состоит из технологических систем процессов и (или) операций, реализующих в рамках данного подразделения заданные технологические процессы и (или) операции соответственно. Структурное оформление такое же, что и в предыдущем случае – производственный участок или цех;
- *технологическая система предприятия* состоит из технологических систем его производственных подразделений, структурно представленных *только цехами*.

Графическая интерпретация последовательности «сборки» перечисленных технологических систем как более простых в предприятие как в «матрешку» наибольшей (пока) сложности представлена на рисунке 1.2, где жирной стрелкой показан случай формирования структуры конкретного произ-

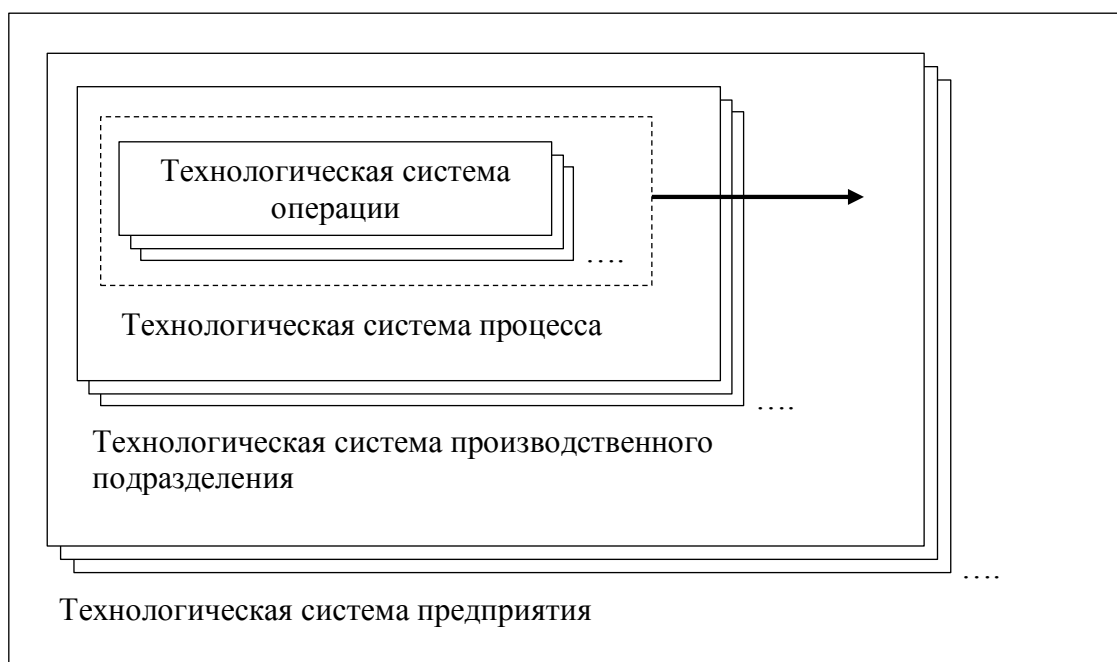


Рис.1.2. Соотношение иерархических уровней технологических систем

водственного подразделения – участка и цеха – из рабочих мест, как элементов того и другого (см. определение технологической системы производственного подразделения).

В учебной литературе к описанным четырем иерархическим уровням технологических систем в соответствии с тем же принципом возрастания сложности их структуры и решаемой задачи добавляется *последний, пятый* иерархический уровень, но уже не технологической системы, а *системы технологий отрасли национальной экономики*. Данная система представляет собой, как нетрудно догадаться, уже *совокупность предприятий*, выпускающих *продукцию одного и того же назначения* с использованием *разных технологических процессов*.

Вопросы для самоконтроля

1. Цель изучения дисциплины. Сущность понятий «технологическая культура» и «технологическое мышление».
2. Содержание понятий «система», «структура», «связь», «интегративность» и их соотношение.
3. Области применения и соотношение понятий «система технологий» и «технологическая система». Определение технологической системы.
4. Содержание понятий «технологический комплекс», «предмет производства», «исполнитель в технологической системе», «регламентированные условия производства».
5. Содержание понятий «технологический процесс» и «операция». Три признака (только наименования) классификации технологических процессов.
6. Сущность и примеры физико-механических, химических и биологических технологических процессов.
7. Сущность и примеры дискретных и непрерывных технологических процессов.

8. Комбинированные технологические процессы. Преимущества непрерывных технологических процессов перед дискретными и полунепрерывными.
9. Технологические процессы с разомкнутой, замкнутой и комбинированной схемой, их сравнительная характеристика.
10. Технологические системы операций и процессов, их структурное оформление и взаимосвязь.
11. Технологические системы производственных подразделений и предприятий, их структурное оформление и взаимосвязь.
12. Назовите структурные единицы, соответствующие пяти иерархическим уровням технологических систем

Тесты

1. Наиболее эффективным путем развития современной экономики является
 - научно-технический
 - технологический
 - общественно-политическийпрогресс.
2. Технология изучает способы получения и переработки продуктов природы в
 - предметы потребления
 - средства производства
 - предметы потребления и средства производства.
3. Какое понятие является наиболее емким?
 - структура
 - связь
 - система.
4. Отечественная нормативно-правовая база производственной деятельности оперирует понятием (понятиями)
 - система технологий
 - технологическая система
 - система технологий и технологическая система.
5. Как соотносятся между собой понятия «система технологий» и «технологическая система»?
 - система технологий является частью технологической системы
 - термины «система технологий» и «технологическая система» являются синонимами
 - термины «система технологий» и «технологическая система» никак не связаны друг с другом.
6. Предметами производства могут быть
 - материалы
 - материалы и полуфабрикаты
 - материалы, полуфабрикаты и заготовки.

7. В технологической системе преобразующее воздействие в соответствии с заданным технологическим процессом (операцией) осуществляется
- предметом труда
 - исполнителем
 - орудием труда.
8. Промежуточными предметами труда являются
- заготовки
 - полуфабрикаты
 - заготовки и полуфабрикаты.
9. Предмет труда, из которого изготавливается одна деталь или одно изделие, называется
- заготовкой
 - материалом
 - комплектующим изделием.
10. Функции управления в технологической системе поручены
- основному рабочему
 - технологическому комплексу
 - основному рабочему и технологическому комплексу.
11. Действия по изменению состояния предмета производства, выполняемые на одном рабочем месте, называются
- стадией
 - операцией
 - этапом
- технологического процесса.
12. При физико-механическом воздействии на предмет производства не изменяется (не изменяются)
- агрегатное состояние его материала
 - физические свойства его материала
 - его размеры.
13. Обработка металлов давлением относится к
- физико-механическим
 - химическим
 - биологическим
- технологическим процессам.
14. Химические технологические процессы характеризуются изменением
- физических свойств
 - агрегатного состояния
 - физических свойств и агрегатного состояния материала предмета производства.
15. Новые вещества образуются при
- биологическом
 - физико-механическом
 - биологическом и физико-механическом воздействии на предмет производства.

16. Какой продукт не является биокосным?
- спирт
 - вино
 - сыр.
17. Время работы (использования) какого элемента технологической системы является признаком классификации технологических процессов по способу организации?
- исполнителя
 - технологического комплекса
 - предмета производства.
18. В комбинированных технологических процессах действия по загрузке, выгрузке и преобразованию предмета производства
- не совмещаются
 - совмещаются частично
 - совмещаются полностью.
19. Минимальная продолжительность производственного цикла – преимущество
- дискретных
 - непрерывных
 - комбинированных технологических процессов.
20. Неоднократное использование предметов труда – атрибут технологических процессов с
- комбинированной
 - замкнутой
 - разомкнутой схемой.
21. Промышленное оборотное водоснабжение – пример технологического процесса с
- разомкнутой
 - замкнутой
 - комбинированной схемой.
22. Иерархические уровни технологических систем выделены по степени возрастания сложности
- их структуры
 - выполняемых ими функций
 - их структуры и выполняемых ими функций.
23. Группа рабочих мест называется
- производством
 - производственным участком
 - цехом.
24. Цех может быть структурой технологической системы
- процесса
 - производственного подразделения
 - процесса и производственного подразделения.

25. Производственный участок не может быть структурой технологической системы
- процесса
 - операции
 - производственного подразделения.
26. Одинаковое структурное оформление могут иметь технологические системы
- операции и процесса
 - процесса и производственного подразделения
 - производственного подразделения и предприятия.
27. Для предприятий одной и той же отрасли национальной экономики не характерна общность
- применяемых технологических процессов
 - номенклатуры выпускаемой продукции
 - применяемых технологических процессов и номенклатуры выпускаемой продукции.

Литература

1. ГОСТ 27.004–85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 13 с.
2. ГОСТ 3.1109–82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 15 с.
3. Багров Н.М., Трофимов Г.А., Андреев В.А. Основы отраслевых технологий: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 256 с.
4. Брезе В.А. Системы технологий отраслей экономики: учебное пособие / В.А. Брезе, О.Э. Брезе. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 318 с.
5. Васильева И.Н. Экономические основы технологического развития: Учебное пособие для вузов. – М.: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1995. – 160 с.
6. Технология важнейших отраслей промышленности: Учебник для экономических специальностей вузов / А.М. Гинберг, Б.А. Хохлов, И.П. Дрякина и др.; Под ред. А.М. Гинберга и Б.А. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1995. – 496 с.

СЫРЬЕ, ВОДА И ЭНЕРГИЯ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

2.1. Сырье в промышленности

Напомним, что в свете системного подхода к изучению совокупности технологий, образующих современную экономику, *сырье* – это **исходный** для технологической системы любого иерархического уровня *предмет производства*, подлежащий внутри неё преобразующему воздействию в соответствии с заданным технологическим процессом, как функцией данной системы (см. раздел 1.1). Теперь надлежит абстрактное понятие этого *фактора производства* наполнить конкретным материальным смыслом.

Сырьем называют вещества естественного (природного) и искусственного (промышленного) происхождения, используемые для производства продукции. Сырье является одним из важнейших элементов любого технологического процесса, поскольку *качество сырья, его доступность и стоимость* в значительной степени определяют *техничко-экономические показатели* промышленного производства.

Сырье классифицируется по двум признакам. По **агрегатному состоянию** выделяют *твердое, жидкое и газообразное сырье*. Из природного сырья наиболее распространено сырье *твердое* – уголь, торф, руды, горючие сланцы, древесина. Самыми широко используемыми видами *жидкого* природного сырья являются вода, соляные рассолы, нефть. Примеры *газообразного* сырья – воздух и природный газ (сырье естественного происхождения), а также промышленные газы (искусственное сырье).

По **происхождению** сырье подразделяется на *минеральное* (оно же *полезные ископаемые*), *растительное и животное*.

Минеральное сырье

Название сырья происходит от латинского слова *minera* – руда. Это наиболее значимый вид сырья, поскольку насчитывает более 2500 наименований минералов. Принципиально отличается от растительного и животного сырья тем, что является, во-первых, *невозобновляемым*, а, во-вторых, *неравномерно распределенным* по поверхности нашей планеты и её недрам в виде *месторождений* полезных ископаемых.

Минеральное сырье, в свою очередь, подразделяется на *рудное, нерудное и горючее*. **Рудным** минеральным сырьем называют горные породы, содержащие *металлы*, которые могут быть экономически выгодно извлечены в технически чистом виде. **Нерудным** минеральным сырьем называют сырье, используемое для производства *неметаллических* (химических, строительных и др.) материалов и не являющееся источником получения металлов. Отметим, что большая часть нерудного сырья соединения металлов все же содержит (в виде, например, фосфоритов, апатитов или алюмосиликатов), но в объемах, экономически нецелесообразных с точки зрения их извлечения. Наконец, к **горючему минеральному сырью** относятся *органические* полезные ископаемые, используемые либо как топливо, либо как сырье для химической промышленности.

Рудное минеральное сырье (промышленные металлические руды)

Также имеет (имеют) свои классификационные признаки. По *назначению* промышленные металлические руды подразделяются на руды *черных* (железо), *цветных* (медь, алюминий, цинк, олово и др.), а также *редких и благородных* (ванадий, молибден, золото, платина и др.) металлов. В зависимости от *числа* содержащихся в них металлов выделяют руды *монометаллические* (только *один* металл целесообразен для извлечения), *биметаллические* (экономически выгодно извлекать *два* металла) и *полиметаллические*, из которых извлекается *более двух* металлов. В качестве примеров монометаллических руд можно назвать железные, хромовые, золотые и другие руды; биметаллических – медно-молибденовые, свинцово-цинковые и прочие руды; полиметаллических – алтайские колчеданные руды (содержат свинец, цинк, медь, серебро и другие металлы) и саксонские руды, содержащие кобальт, никель, висмут, уран и т.д.

Металлы в рудах могут находиться в виде оксидов (железные руды), сульфидов (медные руды), арсенатов (солей мышьяковой кислоты, образующихся со всеми металлами кроме благородных) или более сложных химических соединений. Некоторые металлы, например, золото и платина, встречаются в чистом виде или в сплавах с другими металлами в так называемых *самородных* рудах. Все, что в составе руды не относится ни к металлам, ни к извлекаемым металлосодержащим минералам, называют *пустой породой*.

Месторождения руд делят на *коренные (первичные)*, существующие в виде монолитных горных пород (рудных массивов), и *рассыпные (вторичные)*, являющиеся продуктами распада и разрушения коренных горных пород. Вторые хуже качеством, более рыхлые, мелкие, пылеватые, в силу чего требуют *бóльших* затрат на промышленную добычу и переработку металлических руд.

Нерудное минеральное (минерально-химическое) сырье

Источник получения *неметаллов* (сера, фосфор и др.), *солей* (каустическая сода, едкий натр), *минеральных удобрений и строительных материалов*. Важнейшие виды минерально-химического сырья – это *самородная сера, апатиты, фосфориты, природные соли* (сода, поваренная соль). К нерудному сырью относятся также и редкие минералы промышленного назначения – *алмазы, графит, асбест* и другие.

Еще одним видом данного сырья являются *горные породы* – источник производства строительных материалов. По составу могут представлять собой один минерал или их совокупность. По *происхождению* этих минералов горные породы бывают *изверженными, осадочными и метаморфическими*. ***Изверженные горные породы*** образовались в результате охлаждения и затвердевания поднявшихся из глубин Земли расплавленных масс (магмы). ***Осадочные горные породы*** представляют собой поверхностную часть земной коры (литосферу), образовавшуюся в результате отложения продуктов выветривания и разрушения изверженных горных пород, выпадения осадка в поверхностных водоемах и жизнедеятельности организмов. ***Метаморфические горные породы*** образовались в результате инициированного движением

земной коры видоизменений изверженных или осадочных горных пород под воздействием давления, температуры и влаги. К *изверженным* горным породам относятся гранит, диабаз, базальт, пемза, туф и другие, к *осадочным* – гипс, известняк, мел, глина, песок, гравий, песчаник, к *метаморфическим* – мрамор, гнейс, кварцит. Все они могут применяться как в виде *естественных* строительных материалов (мрамор, гранит, гравий, глина, известняк, гипс, диабаз, базальт), так и в качестве сырья для производства строительных материалов *искусственного происхождения* – цемента, бетона, кирпича, фарфора, фаянса, декоративной керамики, огнеупоров.

Горючее минеральное сырье

Рассмотрим использование данного вида минерального сырья в качестве топлива. *Топливом* называют *горючие органические (то есть на основе углерода) вещества, применяемые с целью получения при их сжигании тепловой энергии*. Классифицируется топливо по двум признакам. По *агрегатному состоянию* все топлива подразделяются на *твердые* (ископаемые угли, торф, древесина, горючие сланцы), *жидкие* (нефть, нефтепродукты) и *газообразные* (природный и попутный газы). По *происхождению* топливо бывает *естественным* (горючие полезные ископаемые) и *искусственным*, полученным в результате переработки топлива естественного или в качестве отходов различных технологических процессов (например, доменный газ).

Технической характеристикой топлива является его *удельная теплота сгорания* – количество теплоты в джоулях (Дж), выделяющееся при сгорании либо единицы массы твердого и жидкого топлива (кг), либо единицы объема газообразного топлива (м³). Единицы измерения – Дж/кг и Дж/м³ соответственно. Величина этой характеристики определяется составом топлива, одинаковым для всех его видов – *горючая масса* (органическая масса и горючие неорганические вещества, например, сера) и *негорючая масса*, она же *балласт* (зола и влага). Органическая масса топлива состоит, в основном, из углерода и водорода, а также азота и кислорода. Чем больше в топливе золы и влаги, тем ниже его удельная теплота сгорания, и, наоборот, эта теплота тем выше, чем больше содержание углерода и водорода.

Для сопоставления тепловой ценности разных видов топлива введено понятие *условного топлива*, для которого удельная теплота сгорания принята равной 29,3 МДж/кг (МДж/м³). Тонна дров, например, «весит» 0,4 тонны условного топлива (т.у.т.), тонна нефти – 1,4 т.у.т., а тысяча кубометров природного газа – 1,2 т.у.т.

Растительное и животное сырье

Данное сырье – *древесину, лен, хлопок, масла, жиры, молоко, кожу, шерсть, зерно, картофель и т.д.* – перерабатывают или в *продукты питания* (пищевое сырье), или в *продукты промышленного и бытового назначения* (техническое сырье). *Источниками* растительного и животного сырья являются *земельные, лесные и водные ресурсы* естественной среды обитания. Особенность этих видов сырья – *сезонность добычи*, связанная с вегетационным периодом (периодом роста и развития растений и животных), что не свойственно сырью, например, минеральному, добыча которого может про-

изводиться круглый год. Растительное же и животное сырье собирается и используется только в определенные времена года и частично в течение всего года. Важно и то, что структура большинства видов данного сырья значительно *изменяется при хранении*, поэтому хранить его приходится особым образом – в сушеном или стерилизованном и хорошо упакованном виде, в то время как практически любое минеральное сырье может храниться долгое время без особых предосторожностей. Данные два обстоятельства делают растительное и животное сырье *более дорогим и дефицитным, чем то же минеральное*. Не спасает даже тот факт, что растительному и животному сырью не присущи недостатки сырья минерального (см. выше). Отсюда важным направлением развития сырьевого комплекса национальной экономики является *замена пищевого сырья непищевым*. Например, в производстве этилового спирта замена зерна и картофеля нефтехимическим сырьем высвобождает на каждый литр спирта 3,3 кг картофеля или 9 кг зерна.

Добыча, подготовка и обогащение полезных ископаемых

Как видно из заголовка система технологий сырьевого комплекса национальной экономики рассматривается только по отношению к *минеральному сырью*. Реализации указанной последовательности технологий предшествует *разведка полезных ископаемых*, задачами которой является отыскать месторождение, определить качество и количество полезного ископаемого, установить основные элементы его залегания и характер окружающих пород. Только после этого переходят к реализации первого технологического процесса данной последовательности – добыче разведанного месторождения полезного ископаемого.

Добыча полезных ископаемых

Глубина залегания полезных ископаемых изменяется в больших пределах – от расположения буквально около поверхности до месторождений на глубине более километра. В зависимости от этой глубины применяют *открытый (карьерный), подземный (шахтный) и комбинированный* способы добычи полезных ископаемых.

Открытый способ применяется, естественно, в том случае, когда залежи полезных ископаемых располагаются не далеко от земной поверхности. Именно таким способом добывают *строительные материалы, торф*, а также *некоторые виды углей и руд*. Открытая добыча включает два вида работ – *вскрышные работы* (удаление пустой породы) и *работы по выемке полезного содержимого* из карьера. Для облегчения добычи могут использоваться буровзрывные работы и гидромеханическое разрыхление породы. В силу лучших условий труда и возможности применения высокопроизводительного оборудования это самый выгодный способ добычи полезных ископаемых. По сравнению с подземным способом при открытом способе производительность выше в 4–5 раз, себестоимость добытой руды ниже в 2–3 раза. Потери полезного ископаемого при открытом способе обычно не превышают 3–5 % вместо 10–15 % при подземной разработке. Капитальные затраты на обу-

строительство карьера в 1,5–2 раза ниже стоимости строительства шахты, а сроки этого обустройства в 2–3 раза короче.

Подземным способом добывают главным образом уголь, а также *руды черных и цветных металлов*. При подземной добыче вскрышные работы называются *проходкой*, и кроме выемки пустой породы она предполагает крепление шахтного ствола. Когда вскрытие месторождения закончено, приступают к *подготовительным работам* – делают «норы» (*штреки*) в рудном теле. После окончания подготовительных работ производят *выемку полезного ископаемого из забоя* (совокупности штреков).

Комбинированный способ применяют, как правило, при **наклонном** расположении рудного тела, чередуя его *горизонтальную* разработку карьерным способом с *вертикальной* разработкой шахтным способом.

Подготовка полезных ископаемых к обогащению

В зависимости от требований технологии обогащения данная подготовка сводится к *одной* из двух взаимоисключающих операций – *уменьшению* или *увеличению* размера фракции подлежащего обогащению **твердого** полезного ископаемого. Уменьшают данный размер либо *дроблением*, либо *дроблением с последующим измельчением*. Размер фракции – продукта дробления – должен быть более 5 мм, крупность продукта измельчения составляет 5 мм и менее. Такой подготовке подлежит, например, апатито-нефелиновая порода, из которой делают фосфорные удобрения.

Укрупнению (*окускованию, агломерации*) подвергают мелкодисперсные железорудные и угольные материалы, а продукты этой операции называются соответственно железорудные концентраты и угольные брикеты.

Будучи *самыми примитивными* из описываемых технологий сырьевого комплекса подготовительные процессы являются при этом *наиболее энергоёмкими*. На их долю при переработке, например, полиметаллических руд приходится около половины общих затрат, а на железорудных обогатительных фабриках затраты на подготовку руды к обогащению ещё выше и достигают 60 %.

Обогащение полезных ископаемых

Цель обогащения – получение сырья с **возможно большим содержанием полезных компонентов**. В результате обогащения полезные ископаемые разделяются на *два* вида фракций. Фракции, обогащенные одним из полезных компонентов, называются *концентратами*, а фракции, состоящие из минералов, не являющихся предметом обогащения, образуют пустую породу или *хвосты*. Использование обогащенных полезных ископаемых для производства продукции в виде концентратов позволяет улучшить её качество и более полно использовать оборудование.

Методы обогащения зависят от агрегатного состояния природного сырья. Так, способы обогащения **твердого** минерального сырья подразделяются на *механические, физико-химические и химические*. К методам *механического* обогащения относятся *грохочение, гравитационное разделение и электромагнитная сепарация*. **Грохочение** основано на том, что менее прочные (хрупкие) минералы, входящие в состав полезного ископаемого, при измель-

чении дробятся на более мелкие зерна и кристаллы, чем минералы более прочные (вязкие) этого же сырья. Если после измельчения полезное ископаемое, состоящее из минералов *различной* крупности, просеивать через сита (*грохот*) с разным диаметром отверстий, то с разных сит можно получить фракции, обогащенные тем или иным минералом. **Гравитационное разделение** основано на разной скорости осаждения частиц, имеющих различную плотность или крупность, в потоке либо жидкости, чаще всего воды (*мокрое гравитационное обогащение*), либо воздуха или инертного газа (*сухое гравитационное обогащение*). **Электромагнитную сепарацию** применяют для отделения магнитно восприимчивых материалов от немагнитных. Таким образом отделяют от пустой породы, например, хромистый железняк.

Наиболее широко используемым *физико-химическим* способом обогащения является **флотационный метод**, основанный на различной смачиваемости входящих в состав полезного ископаемого компонентов водой. Большинство природных минералов по смачиваемости мало отличаются друг от друга. Для их разделения необходимо создать условия *неодинаковой* смачиваемости этих компонентов, что достигается применением флотационных реагентов. Последовательно вводя те или иные реагенты, влияющие на смачиваемость *разных* минералов, можно получать их концентраты один за другим. Метод технически прост, эффективен, к тому же расход флотационных реагентов составляет всего 100 грамм на тонну породы.

Химические способы обогащения основаны на разной способности компонентов полезных ископаемых вступать в те или иные **химические реакции** – окисления, восстановления и др. Так, содержащиеся в рудах в незначительных количествах золото и серебро разделяют путем их взаимодействия с ртутью, цианистым натрием и хлором. К химическому обогащению относят также **обжиг** минералов с целью их разложения, удаления влаги, выжигания примесей и других процессов, приводящих к увеличению концентрации полезного компонента в продукте обогащения.

Жидкое природное сырье обогащают (повышают концентрацию полезных веществ) следующими методами:

- **выпаривание** и **вымораживание** примесей из растворов полезных веществ соответственно в газовую фазу или в осадок;
- **экстракция** – извлечение полезных веществ из растворов с помощью вступающих с первыми в химическое взаимодействие специальных **экстрагентов**. Метод сродни флотации, только способом разделения компонентов исходного сырья выступает не смачивание водой, а химическая реакция, что, по сути, делает его аналогом химических способов обогащения *твердого* минерального сырья (см. выше);
- перевод полезных компонентов растворов веществ в газообразное состояние (испарение) с последующим охлаждением и конденсацией паров (*перегонка* или **дистилляция**).

Газообразное природное сырье обогащают путем разделения газовых смесей на компоненты – необходимые промышленности конкретные химически чистые газы. Основным источником концентрированных газов является

воздух, который содержит 78 % азота и 21 % кислорода. Остальные полезные компоненты – водород, аргон, углекислый газ др. – содержатся в сухом воздухе в сотых и тысячных долях процента.

Разделение и концентрация (обогащение) газов производятся следующими способами:

- сжижение (последовательная конденсация) компонентов газовой смеси (**криогенный способ**);
- поглощение отдельных газов жидкостями (**абсорбция**) или твердыми веществами (**адсорбция**).

Комплексное использование сырья

Под комплексным использованием сырья понимают извлечение и полезное использование **максимально большого** числа входящих в него компонентов. Используя упоминаемые в данном разделе термины, можно сказать, что **полное и окончательное решение задачи комплексного использования сырья – это отсутствие в работе сырьевого комплекса национальной экономики хвостов и пустых пород**.

Необходимость именно такого кардинального решения указанной задачи объясняется **глобальной тенденцией истощения минерально-сырьевых ресурсов Земли**. Развитие мировой экономики сопровождается увеличением объемов потребляемых ею сырья всех видов. Такую динамику может «уравновесить» только максимально рациональное и эффективное использование возобновляемых и особенно невозобновляемых природных ресурсов.

2.2. Вода в промышленности

Для промышленных и бытовых нужд человечества используется **только пресная вода**, составляющая около 3 % всех водных ресурсов Земли. При этом более 20 % мировых запасов пресных вод сосредоточено в России.

Пресной называют воду, которая содержит **менее одного** грамма солей – карбонатов кальция, магния, натрия, калия, а также сульфатов, хлоридов и т.д. – на килограмм (литр). Вода, содержащая **более одного** грамма солей на тот же вес (объем), считается **соленой**. Кроме солей в пресной воде содержатся растворенные газы (кислород, углекислый и сернистый газы), а также бактерии, примеси песка и глины.

Природные пресные воды сосредоточены в **поверхностных** и **подземных** водных объектах. Согласно Водному кодексу РФ к первым относятся реки, озера, пруды, обводненные карьеры, водохранилища, болота, выходы подземных вод (гейзеры и родники), ледники и снежники, ко вторым – бассейны подземных вод и водоносные горизонты.

В зависимости от назначения пресная вода подразделяется на **техническую**, используемую на производственные нужды, и **питьевую**, потребляемую коммунальными системами холодного водоснабжения населения, организаций и предприятий. Тем же **Водным кодексом России запрещено использовать питьевую воду для производственных нужд за одним исключением – кроме предприятий пищевой промышленности**. Объясняется это ги-

гантскими объемами именно промышленного водопотребления. Так, в объеме годового забора (изъятия) водных ресурсов из соответственно *поверхностных* и *подземных* водных объектов нашей страны более трех четвертей составляет вода, идущая на производственные нужды. В этом же ежегодном потреблении доля тепловой и атомной энергетики составляет 37 %, агропромышленного комплекса 24 %, добывающей и обрабатывающей промышленности 12 %. Для сравнения – на питьевое и хозяйственно-бытовое водоснабжение населения расходуется всего 18 % данного годового объема. Масштабы производственного водопотребления можно проиллюстрировать данными таблицы 2.1.

Таблица 2.1

**Водоемкость отдельных видов промышленной продукции,
тыс. м³/тонна**

Вид продукции	Сталь	Никель	Аммиак	Резина	Синтетическое волокно
Водоемкость	0,6	0,8	1,0	2,4	4,8

Требования к качеству технической воды

Для большинства производств регламентируемыми показателями этого качества являются *жесткость воды*, а также *количество механических примесей и растворенных газов*.

Жесткость воды зависит от содержания в ней *солей кальция и магния*. С точки зрения возможностей промышленной водоподготовки (см. далее) различают *временную (устранимую)* и *постоянную (неустранимую)* жесткость воды. Первая обусловлена наличием в воде *гидрокарбонатов* кальция и магния, которые сравнительно легко *удаляются* при кипячении, а вторая – присутствием в ней *сульфатов, хлоридов и нитратов* этих же металлов, которые при кипячении *не удаляются*. Эти соли вместе с механическими примесями, отлагаясь на внутренней поверхности труб и котлов, образуют *накись*. В результате уменьшается теплопроводность материала этих деталей аппаратуры и, как следствие, возникает её перегрев и наступает преждевременный износ.

Количество растворенных в воде газов также необходимо регламентировать и уменьшать, поскольку углекислый газ, кислород, сернистый газ вызывают интенсивную коррозию материала труб.

Промышленная водоподготовка

Представляет собой комплекс технологических процессов получения *технической* воды требуемого, в соответствии с вышеперечисленными показателями качества. Так, удаление из воды солей кальция и магния называется *умягчением*. Способы умягчения воды подразделяются на *химические, физические и физико-химические*.

Сущность *химических* методов заключается в связывании с помощью реагентов ионов кальция и магния в нерастворимые и легко удаляемые соединения. По применяемым реагентам различают *известковый* (воздействие

гашеной известью), *содовый* (кальцинированной содой), *натронный* (едким натром) и *фосфатный* (тринатрийфосфатом) химические методы умягчения. Комбинируя их, т.е. воздействуя последовательно несколькими реагентами, можно устранить не только временную и постоянную жесткость, но еще и осуществить *дегазацию* воды, т.е. удалить из неё растворенные газы, в частности, углекислый газ.

К *физическим* способам умягчения воды относятся *кипячение*, *вымораживание* и *дистилляция (перегонка)*. Эти способы также как и химические позволяют добиться двойного эффекта – и умягчения, и дегазации получаемой технической воды. Кроме того, дистилляция – это еще и способ *обессоливания воды*, т.е. удаления из неё *всех солей*, а не только солей кальция и магния. Получаемая в результате *дистиллированная вода* имеет конкретное промышленное применение – она используется при производстве особо чистых химических реактивов.

Физико-химическими способами умягчения воды являются *ионообменный* и *электрохимический*. Сущность первого заключается в удалении из воды ионов кальция и магния с помощью *ионообменных смол* – полимерных материалов в виде шариков, которые набухают, впитывая в себя примеси в результате ионообменных реакций. Второй называется *электродиализом* и заключается в фильтрации воды *под действием электрического тока* через специальные мембраны, задерживающие ионы кальция и магния.

Способы *очистки воды от механических примесей* бывают *механическими* и *электрохимическими*. К первым относятся *отстаивание* и *фильтрование*. Процесс *отстаивания* позволяет удалить из неё грубо дисперсные взвешенные примеси, оседающие на дно непрерывно действующих отстойных бетонированных резервуаров. Более мелкие примеси удаляются последующим *фильтрованием* через песчаные фильтры с зернистым фильтрующим слоем. Вторым является *электроосмос*, который от электродиализа (см. выше) отличается только тем, что те же мембраны задерживают взвешенные твердые частицы сколь угодно малого размера.

Дегазация воды производится химическими и физическими способами в процессе её умягчения (также см. выше).

Промышленные сточные воды и необходимость их очистки

В результате промышленного использования воды она *интенсивно загрязняется продуктами и отходами производства*. Наиболее «грязными» в этом контексте являются предприятия, осуществляющие целлюлозно-бумажное, химическое и металлургическое производство, полиграфическую деятельность, производство кокса и нефтепродуктов, добычу металлических руд, а также предприятия угольной промышленности. Серьезную опасность представляют токсичные радиоактивные сточные воды. Высокую степень негативного воздействия оказывает рассредоточенный (диффузный) сток с обрабатываемых ядохимикатами сельскохозяйственных территорий и с площадей, занятых отвалами и отходами промышленного производства.

Характер и степень отрицательного воздействия промышленных сточных вод столь различного происхождения на водоемы и живые организмы не

одинаковы, поскольку состав и концентрация загрязняющих веществ в этих водах, естественно, также сильно различаются. Но *независимо от происхождения промышленных сточных вод* их сброс в водоемы вызывает следующие *негативные последствия*:

- деградация рек, водохранилищ и озерных систем из-за ухудшения физико-химических свойств воды (цвета, прозрачности, вкуса, запаха) и увеличения содержания органических веществ, что ведет к зарастанию и заболачиванию водоемов, а также к постоянному «цветению» воды;
- накопление в донных отложениях, водной растительности и водных организмах загрязняющих и токсичных веществ;
- отравление токсичными веществами живых организмов – рыбы, животных, людей и т.д.;
- ухудшение качества вод объектов, используемых как источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

В свете сказанного проблему очистки промышленных сточных вод трудно переоценить.

Способы очистки промышленных сточных вод

Подразделяются на *механические, физико-химические, химические и биологические* способы. К *механическим* способам относятся используемое при водоподготовке *отстаивание и фильтрование* (см. выше), а также *обратный осмос* – фильтрование через полупроницаемые мембраны, но уже не под действием электрического тока как при электроосмосе, а *под давлением*. *Физико-химические* способы точно также включают как используемые при обогащении полезных ископаемых *флотацию, экстракцию и адсорбцию* (также см. выше), так и применяемую только для очистки использованной технической воды *отгонку вредных примесей с водяным паром или продувку воздухом*. Экстракцией растворителями, нерастворимыми в воде очищают, например, сточные воды целлюлозно-бумажной промышленности. Наиболее широко используемым при очистке промышленных сточных вод методом адсорбции является адсорбция на активированных углях и ионитных смолах. Отгонкой с водяным паром из сточных вод удаляют органические примеси (фенол, анилин и другие). Продувкой воздухом в *градирнях* (охладительных башнях) очищают техническую воду, используемую в системах оборотного водоснабжения тепловых и атомных электростанций.

Химические способы очистки промышленных сточных вод основаны на использовании *окислительно-восстановительных и электрохимических* реакций, как процессов нейтрализации и перевода вредных веществ в неактивную безвредную форму. Например, на предприятиях химической промышленности объединяют различные стоки для взаимной нейтрализации их кислых и щелочных сред. К собственно же *окислительно-восстановительным* способам очистки промышленных сточных вод относятся:

- *реагентная нейтрализация*, когда, например, на кислые воды действуют гашеной известью, а на щелочные – серной кислотой;

- *аэрация* – насыщение сточных вод кислородом и удаление из нее вредных примесей (марганца, сероводорода, железа) в результате инициируемых этим кислородом окислительных реакций. Аналогичными, по сути, методами являются *озонирование, хлорирование* и др.

К числу применяемых для очистки промышленных сточных вод *электрохимических* процессов относятся *электрохимическое окисление-восстановление, электродиализ и электроосмос*. Эти методы применяют для очистки всех видов стоков от растворенных в них *электролитов* (солей, кислот, щелочей) и для опреснения природных горько-соленых вод.

Механизм процесса *биологической* очистки заключается в разложении и окислении вредных примесей *с помощью микроорганизмов*. Хотя биологическая очистка промышленных сточных вод в настоящее время считается одним из *наиболее современных, экологичных, надежных и эффективных* методов, применяют её обычно *в комбинации* с другими, уступающими ей по всем перечисленным параметрам способами:

Механическая очистка → Химическая очистка → Биологическая очистка

Данная схема обеспечивает, с одной стороны, *приемлемую техническую сложность, а, следовательно, и стоимость* процесса очистки промышленных сточных вод, а с другой – её (этой очистки) *максимально высокое качество*.

Рациональное использование воды

Сейчас в связи с дальнейшим развитием промышленности и сельского хозяйства мир стоит перед *двойной проблемой* с одной стороны, уменьшения количества пресной воды, а с другой – возрастания объемов промышленного водопотребления. *Путь решения* данной проблемы, тем не менее, один – *рациональное использование имеющихся на планете запасов пресной воды*. Какими же *техническими и экономическими* решениями можно реализовать этот путь?

Технических решений два – переход на *маловодопотребляемые* или на *безводные* технологические процессы. Примером первых является *оборотное водоснабжение*, когда вода на производственные нужды забирается лишь для возмещения её необратимых потерь, а в технологическом процессе используется циркулирующая по замкнутому циклу и периодически проходящая очистку «оборотная» вода (уже приводившиеся примеры обращения смазывающе-охлаждающей жидкости при работе металлорежущих станков и использования технической воды в энергетике). Вторыми могут быть технологические процессы, в которых воду, как рабочую среду, *заменяют вещества иной природы и (или) другого агрегатного состояния* – растворители, расплавы, газы.

Суть всех возможных *экономических* решений одна, и такая же двуединая – *строгий учет и повседневный контроль* объемов забора (изъятия) воды из *поверхностных (подземных) водных объектов, а также количества и состава сбрасываемых промышленных сточных вод*.

2.3. Роль энергии в технологических процессах

Все технологические процессы связаны с поглощением и выделением энергии, а также с её преобразованием из одного вида в другой. Виды энергии, применяемой в промышленности – электрическая, ядерная, тепловая, механическая и химическая.

Наибольшее применение в производстве продукции находит *электрическая энергия*, используемая для:

- *получения механической энергии*, необходимой для осуществления физико-механических (см. раздел 1.2) технологических процессов дробления, измельчения, перемешивания материалов, их холодной и горячей обработки давлением, а также механической обработки (обработки резанием);
- *получения тепловой энергии*, используемой для нагрева материалов под их термическую обработку и под горячую обработку давлением, а также для выплавки, плавления и сварки материалов. Тепловая энергия необходима также для осуществления *эндотермических* химических реакций, реализации процессов выпаривания, дистилляции (см. раздел 2.2) и т.д.;
- *осуществления электрохимических и электрофизических* реакций и процессов (гальваническое нанесение покрытий, электроэрозионная обработка и др.).

Получают электрическую энергию на *конденсационных (КЭС), гидравлических (ГЭС) и атомных* электростанциях (АЭС). Источником получения электрической энергии является соответственно тепловая энергия сгораемого топлива, механическая (кинетическая) энергия воды и энергия ядерных реакций. К наиболее перспективным источникам получения электроэнергии относятся АЭС и ГЭС. Преимущество атомных электростанций – *высокий коэффициент полезного действия* (количество теплоты, выделяемое при распаде ядер одного грамма урана-235 эквивалентно сжиганию 300 кг высококачественного каменного угля), преимущество гидравлических – использование воды как *возобновляемого* энергетического ресурса.

Химическая энергия в промышленности используется двояко. С одной стороны, она является *источником тепловой энергии* при реализации химических технологических процессов (см. раздел 1.2). Так, в производстве аммиачной селитры теплота, выделяющаяся в результате *экзотермической* реакции, используется для выпаривания реакционной массы и её кристаллизации. С другой стороны, в гальванических элементах и аккумуляторах химическая энергия *преобразуется в электрическую*.

Помимо *невозобновляемых* источников энергии (минерального и ядерного топлива) существуют *возобновляемые энергетические ресурсы*. К ним, помимо упомянутой выше энергии движения воды рек, относится кинетическая энергия *ветра и морских приливов*, а также теплота *подземных источников пара и горячей воды (гейзеров)* и тепловая энергия *солнечных лучей*. О величине потенциала этих ресурсов, говорит хотя бы тот факт, что запас энергии только морских приливов составляет около 500 млн. т.у.т. в год. Источники электрической энергии, работающие на возобновляемых энергоресур-

сах – ГЭС, ветряные, приливные и геотермальные электростанции, а также солнечные батареи (гелиоэнергетика) – представляют собою *альтернативную энергетику, как энергетику будущего*.

Рациональное использование энергии

Реализуется по следующим *трем* направлениям. Прежде всего, это *снижение энергоемкости промышленной продукции* заменой *высокотемпературных* технологических процессов (металлургических, электрохимических) *низкотемпературными* (каталитическими, биохимическими и другими). Насколько перспективно данное направление, видно из таблицы 2.2 (высокотемпературными процессами в ней являются процессы производства алюминия, магния и фосфора).

Таблица 2.2

Энергоемкость отдельных видов промышленной продукции, киловатт-час/тонна

Вид продукции	Алюминий	Магний	Фосфор	Аммиачная селитра	Суперфосфат
Энергоемкость	20 000	18 000	15 000	10	5

Следующее направление – *утилизация и использование вторичных энергоресурсов и устранение потерь энергии*. *Вторичными* энергоресурсами называют образующиеся в ходе реализации технологического процесса газообразные и жидкие продукты переработки предмета производства, которые могут быть выделены (утилизированы) и использованы на какие-либо производственные нужды – сушку сырья, отопление производственных зданий, приготовление горячей воды и т.д. Так, в сернокислотном производстве используется теплота газов, образующихся при обжиге сырья – серного колчедана – а в технологических процессах производства соды и цемента вторичными ресурсами являются дымовые газы от сгорания топлива.

Устранение потерь энергии достигается, в основном, конструктивными мерами по совершенствованию оборудования. Потери, например, тепловой энергии уменьшают тепловой изоляцией аппаратуры, а снижение расхода электрической энергии, скажем, в электрометаллургии достигается улучшением конструкции плавильных печей.

Наконец, третьим направлением рационального использования энергии является *развитие альтернативной энергетики*, как энергетики *возобновляемых* энергетических ресурсов (см. выше).

Вопросы для самоконтроля

к разделу 2.1

1. Системное и технологическое определение сырья, его значение. Классификация сырья (только признаки и наименования внутри них).
2. Разновидности минерального сырья, его отличия от сырья растительного и животного.

3. Рудное минеральное сырье.
4. Нерудное минеральное сырье.
5. Горючее минеральное сырье.
6. Растительное и животное сырье.
7. Добыча полезных ископаемых.
8. Подготовка полезных ископаемых к обогащению. Цель и продукты обогащения.
9. Способы обогащения твердого минерального сырья.
10. Методы обогащения жидкого и газообразного природного сырья. Комплексное использование сырья.

к разделам 2.2 и 2.3

1. Пресная и соленая вода. Поверхностные и подземные водные объекты. Масштабы промышленного водопотребления.
2. Требования к качеству технической воды.
3. Промышленная водоподготовка.
4. Промышленные сточные воды и необходимость их очистки.
5. Способы очистки промышленных сточных вод.
6. Рациональное использование воды.
7. Виды применяемой в промышленности энергии. Производственное использование электрической энергии.
8. Способы получения электроэнергии. Производственное использование химической энергии.
9. Возобновляемые энергетические ресурсы. Рациональное использование энергии.

Тесты

по разделу 2.1

1. Сырье – это
 - продукт
 - предмет
 - продукт или предмет производства.
2. Сырье – это вещество
 - промышленного производства
 - природного происхождения
 - промышленного производства или природного происхождения.
3. Твердым сырьем является по своему
 - агрегатному состоянию
 - происхождению
 - агрегатному состоянию или происхождению.
4. Сырье промышленного происхождения может быть
 - твердым
 - твердым и жидким
 - твердым, жидким и газообразным.

5. Минеральным сырьем может быть по своему
 - агрегатному состоянию
 - происхождению
 - агрегатному состоянию и происхождению.

6. Невозобновляемым является сырье
 - минеральное
 - минеральное и растительное
 - минеральное, растительное и животное.

7. Месторождения – это скопления
 - рудного
 - рудного и нерудного
 - рудного, нерудного и горючего минерального сырья.

8. Металлы содержат (содержит)
 - промышленные металлические руды
 - нерудное минеральное сырье
 - промышленные металлические руды и нерудное минеральное сырье.

9. Горючее минеральное сырье используется в качестве
 - сырья для химической промышленности
 - топлива
 - сырья для химической промышленности и топлива.

10. К цветным металлам не относится
 - цинк
 - железо
 - олово.

11. Рудами благородных металлов промышленные металлические руды являются по
 - числу содержащихся в них металлов
 - назначению содержащихся в них металлов
 - числу и назначению содержащихся в них металлов.

12. Из полиметаллических руд экономически выгодно извлекать
 - один металл
 - два металла
 - более двух металлов.

13. В самородных рудах металлы не могут содержаться
 - в чистом виде
 - в виде сплавов
 - в виде химических соединений.

14. Месторождения полиметаллических руд могут быть
 - рассыпными
 - коренными
 - рассыпными и коренными.

15. Минерально-химическим сырьем не является
- графит
 - самородная сера
 - каустическая сода.
16. Результатом видоизменения изверженных горных пород являются
- осадочные
 - метаморфические
 - осадочные и метаморфические горные породы.
17. Гранит является
- метаморфической
 - изверженной
 - осадочной горной породой.
18. Газообразным топливо может быть по своему
- происхождению
 - агрегатному состоянию
 - происхождению и агрегатному состоянию.
19. Удельная теплота сгорания газообразного топлива измеряется в количестве теплоты на единицу его
- массы
 - объема
 - массы или объема.
20. Понятие «условное топливо» позволяет сопоставлять между собой тепловую ценность
- искусственного
 - естественного
 - искусственного и естественного топлива.
21. Растительное и животное сырье используется для производства
- пищевой
 - непищевой
 - пищевой и непищевой продукции.
22. Значительно изменяется при хранении структура
- минерального и растительного
 - растительного и животного
 - животного и минерального сырья.
23. Карьерным способом добывают
- металлические руды
 - металлические руды и минерально-химическое сырье
 - металлические руды, минерально-химическое сырье и топливо.

24. Наименее капиталоемким способом добычи полезных ископаемых является
- открытый
 - подземный
 - комбинированный.
25. Подземным способом добывают руды
- черных
 - цветных
 - черных и цветных металлов.
26. Процессы подготовки полезных ископаемых к обогащению могут быть
- механическими
 - химическими
 - электромагнитными.
27. Наиболее технически простыми являются процессы
- добычи
 - подготовки к обогащению
 - обогащения природного сырья.
28. Флотация относится к
- механическим
 - физико-химическим
 - химическим
- методам обогащения природного сырья.
29. Гравитационное разделение относится к
- физическим
 - механическим
 - физико-механическим
- методам обогащения твердого минерального сырья.
30. Гравитационное разделение полезных ископаемых на фракции разной плотности происходит в потоке
- газа
 - жидкости
 - газа или жидкости.
31. Вода является средой для реализации
- флотационного
 - гравитационного
 - флотационного и гравитационного обогащения твердого минерального сырья.
32. Дистилляция – способ обогащения
- газообразного
 - жидкого
 - газообразного и жидкого природного сырья.

33. Абсорбция – это поглощение
- твердых веществ газами
 - газов жидкостями
 - жидкостями твердых веществ.
34. Проблема комплексного использования актуальна для
- минерального
 - растительного и животного
 - минерального, растительного и животного сырья.

по разделам 2.2 и 2.3

1. Для бытовых и промышленных нужд человечества используется
 - пресная вода
 - морская вода
 - пресная и морская вода.
2. В пресной воде содержатся
 - бактерии
 - растворенные газы
 - бактерии и растворенные газы.
3. Болото
 - является подземным водным объектом
 - является поверхностным водным объектом
 - не является водным объектом.
4. На производственные нужды запрещено использовать питьевую воду предприятиям
 - пищевой
 - непищевой
 - пищевой и непищевой промышленности.
5. В структуре водопотребления национальной экономики преобладает использование воды на
 - производственные нужды
 - снабжение населения питьевой водой
 - хозяйственно-бытовые надобности.
6. Жесткость технической воды не зависит от содержания в ней
 - солей кальция и растворенных газов
 - растворенных газов и механических примесей
 - механических примесей и солей кальция.
7. Образованию накипи способствует наличие в технической воде
 - растворенных газов и механических примесей
 - механических примесей и солей металлов
 - солей металлов и растворенных газов.

8. Устранить жесткость и осуществить дегазацию воды позволяют
- химические и физические
 - физические и физико-химические
 - физико-химические и химические
- способы её умягчения.
9. Кипячение и вымораживание – это
- химические
 - физические
 - физико-химические
- способы умягчения воды.
10. Физико-химическим способом умягчения воды, осуществляемым без использования электрического тока, является
- электроосмос
 - ионообменный способ
 - электродиализ.
11. Дегазация воды осуществляется в процессе её
- очистки от механических примесей
 - умягчения
 - очистки от механических примесей и умягчения.
12. Источники рассредоточенного (диффузного) стока –
- предприятия
 - территории
 - предприятия и территории.
13. Отрицательное воздействие промышленных сточных вод на окружающую среду зависит от
- концентрации
 - состава
 - концентрации и состава
- содержащихся в них загрязняющих веществ.
14. Отстаивание и фильтрование применяют для
- подготовки
 - очистки
 - подготовки и очистки
- технической воды.
15. Продувкой воздухом
- готовят техническую воду
 - очищают техническую воду
 - готовят и очищают техническую воду.
16. Наиболее современной и эффективной считается
- механическая
 - химическая
 - биологическая
- очистка промышленных сточных вод.

17. Развитие экономики сопровождается возрастанием объема
- промышленного
 - бытового
 - промышленного и бытового водопотребления.
18. Переход на безводные технологические процессы – это
- экономическое
 - техническое
 - организационное
- решение проблемы рационального использования воды.
19. Рациональное водопользование предполагает учет и контроль объемов
- воды, используемой на производственные нужды
 - сбрасываемых промышленных сточных вод
 - воды, используемой на производственные нужды, и объемов сбрасываемых промышленных сточных вод.
20. Технологические процессы связаны с
- поглощением энергии
 - поглощением и выделением энергии
 - поглощением и выделением энергии, а также с её преобразованием из одного вида в другой.
21. В производственных целях электрическую энергию используют для получения
- механической
 - тепловой
 - механической и тепловой энергии.
22. Электрическую энергию получают
- на АЭС
 - на ГЭС
 - на АЭС и на ГЭС.
23. На ГЭС получают
- механическую
 - электрическую
 - химическую
- энергию.
24. Наиболее перспективными источниками получения электрической энергии являются
- КЭС и ГЭС
 - ГЭС и АЭС
 - АЭС и КЭС.
25. Источником тепловой энергии являются
- эндотермические
 - экзотермические
 - эндотермические и экзотермические химические реакции.

26. Возобновляемым энергетическим ресурсом является энергия движения

- воздушных
- водных
- воздушных и водных потоков (масс).

27. Альтернативной является

- тепловая
- атомная
- геотермальная энергетика.

28. Для производственных нужд используются

- первичные
- вторичные
- первичные и вторичные энергоресурсы.

Литература

1. Федеральный закон от 3 июня 2006 г. № 74–ФЗ «Водный кодекс Российской Федерации».
2. Багров Н.М., Трофимов Г.А., Андреев В.А. Основы отраслевых технологий: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 256 с.
3. Брезе В.А. Системы технологий отраслей экономики: учебное пособие / В.А. Брезе, О.Э. Брезе. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. – 318 с.
4. Орехов В.Н. Системы технологий. Программа курса, практикум, рекомендации для выполнения технологической части дипломных проектов и работ. – Харьков: Издательский дом «ИНЖЭК», 2005. – 197 с.
5. Попова Г.Ю. Основы отраслевых технологий. Конспект лекций. – Чита: Издательство Высшей школы экономики, управления и предпринимательства Забайкальского государственного университета, 2010. – 154 с.
6. Технология важнейших отраслей промышленности: Учебник для экономических специальностей вузов / А.М. Гинберг, Б.А. Хохлов, И.П. Дрякина и др.; Под ред. А.М. Гинберга и Б.А. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1995. – 496 с.

3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Назначение, классификация и свойства промышленных материалов

В соответствии со *структурой* и *функцией* технологической системы (см. рис. 1.1 и раздел 1.2 соответственно) **промышленные материалы** – это то, из чего *состоят предметы производства*, и то, из чего *изготавливается продукция* (*предметы потребления и средства производства*). Обладающий *технологическим мышлением* экономист-управленец (см. введение) **обязан знать** *виды, марки и свойства промышленных материалов* для **оценки правильности выбора** последних с точки зрения *условий эксплуатации* изготавливаемых из них изделий.

Колоссальное многообразие промышленных материалов *наиболее крупно* можно разделить на **две** большие группы – *конструкционные материалы* и материалы, являющиеся *готовой продукцией* производственного или потребительского назначения. **Конструкционными** называют материалы, применяемые для изготовления *деталей и элементов*, из которых потом собираются соответственно *машины и механизмы*, а также *конструкции и сооружения*. Материалами, которые не требуют какого-либо конструктивного оформления и которые **сразу после своего производства** могут использоваться в соответствии со своим же назначением, являются кислоты, щелочи, удобрения, искусственные смолы, клеи, ткани, строительные вяжущие вещества, продукты нефтепереработки и т.п.

Подавляющее большинство промышленных материалов – это материалы *конструкционные*. По **виду** вещества, из которого они состоят, выделяют *металлические, неметаллические и композиционные (смешанные)* конструкционные материалы. **Металлическими** первые называются потому, что являются *сплавами* металлов (основы) с другими химическими элементами (как с металлами, так и с неметаллами). Чистые металлы, как правило, не обеспечивают требуемых, по условиям эксплуатации, механических и технологических (см. ниже) свойств, а варьированием состава сплава проблему оптимального подбора материала можно решить (именно поэтому сплавов так много – известно и используется более 10 тысяч их видов). **Неметаллические** конструкционные материалы по их природному происхождению дополнительно делят на *минеральные* (камень, бетон, керамика, стекло и др.) и *органические* (древесина, пластмассы, резина и др.). Наконец, **композиционными** конструкционными материалами, или **композитами**, называют смесь *химически не взаимодействующих между собой* металлических и/или неметаллических компонентов – *основы (матрицы)* и *наполнителя* – сочетание свойств которых обеспечивает нужные качества композиту в целом.

Все свойства *любых* промышленных материалов, *прежде всего*, **конструкционных**, объединены в **пять** групп – *физических, химических, механических, технологических и эксплуатационных* свойств.

Физическими свойствами *твёрдых* (только!) конструкционных материалов считаются те, которые не зависят внутреннего строения этих матери-

алов. К таким свойствам относятся *цвет, плотность, температура плавления, теплопроводность, тепловое расширение и электропроводность.*

Цвет – это результат зрительного восприятия человеком отражения поверхностью материала определенного, присущего только этому материалу, участка видимой части спектра электромагнитного излучения. По цвету, например, *металлических* конструкционных материалов можно определить их вид (сплавы меди – красные и желтые, алюминия – белые, железа, – черные) и *температуру нагрева* (пирометрический метод). На поверхности же *керамического* конструкционного материала можно зрительно обнаружить его *химические дефекты*, поскольку они имеют другой цвет, нежели сам материал.

Плотность – это масса единицы объёма материала. По степени возрастания плотности некоторые конструкционные материалы располагаются следующим образом (кг/дм³):

- дерево 0,5–0,8;
- пластмассы 0,9–2,2;
- горные породы 2,4–2,8;
- сплавы железа 7,0–7,8;
- тяжёлые металлы (медь, молибден, вольфрам) 8,9–19,3.

Температура плавления – это температура, при нагреве до которой вещество переходит из твердого состояния в жидкое. Также по степени возрастания можно привести следующие интервалы и значения температур плавления отдельных конструкционных материалов (°С):

- пластмассы 100–300;
- легкоплавкие металлы (магний, алюминий) 650–680;
- горные породы, стекло 1 000–1 400;
- железо 1 590;
- вольфрам 3 410.

Теплопроводность – это интенсивность передачи материалом теплоты по своему объёму. Единица измерения – Вт/(м·К) – это количество тепловой энергии в ваттах, передаваемое на метр по объёму материала в направлении *наибольшего сопротивления* этой теплопередаче при нагреве данного материала на один градус по шкале Кельвина. Самой высокой теплопроводностью обладают *металлы*, рекордсмен среди них – серебро, его теплопроводность в два раза выше, чем у алюминия и в семь раз больше теплопроводности железа. Теплопроводность *неметаллических конструкционных минеральных* материалов меньше теплопроводности металлов в десятки раз, а теплопроводность *неметаллических конструкционных органических материалов* – в сотни.

Тепловое расширение – это способность любого вещества увеличивать свои размеры при нагревании. Количественно оценивается *коэффициентом линейного расширения* – относительным приращением длины образца материала при нагревании его на один градус. В наибольшей степени изменяют свои размеры *неметаллические конструкционные органические матери-*

алы – в 10–30 раз больше, чем *минеральные и металлические* конструкционные материалы.

Электропроводность – это способность всех без исключения металлов и сплавов (только!) проводить электрический ток. Наилучшей электропроводностью обладают чистые металлы – серебро, медь, золото, алюминий (по степени убывания). Неметаллические конструкционные материалы электрический ток не проводят.

Химические свойства материала определяют его способность к химическим же реакциям с другими материалами. Такие свойства важны для *веществ-реагентов*, поскольку определяют их *химическую активность*, а, следовательно, и *качество* осуществляемой химической реакции – её скорость, энергетический эффект, полноту превращения исходных компонентов в конечный продукт и т.д. Очевидно, что для *конструкционных материалов* ценным является *обратное качество*, поскольку вступая в химические реакции, эти материалы разрушаются. Поэтому для конструкционных материалов важными являются *два противоположных химической активности* свойства, обеспечивающие долгую и надежную эксплуатацию изготовленных из них деталей машин и механизмов, а также элементов конструкций и сооружений – *химическая и коррозионная стойкость*.

Химическая стойкость – это сопротивление конструкционного материала вступлению в химические реакции с другими материалами. В зависимости от характера среды, в которой предстоит работать тем или иным деталям машин и элементам сооружений, выбирают те конструкционные материалы для их изготовления, у которых высок уровень химической стойкости именно к этой агрессивной среде.

Частным случаем химической стойкости является **коррозионная стойкость** – сопротивление конструкционного материала *окислению*, т.е. образованию химических соединений с *кислородом*. Из *металлических* конструкционных материалов высокой коррозионной стойкостью обладают нержавеющие стали, а также медные, алюминиевые и титановые сплавы, из *неметаллических минеральных* конструкционных материалов – камни, керамика, стекло, из *неметаллических органических* конструкционных материалов – пластмассы.

Способность конструкционного материала сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок) определяется комплексом его **механических свойств**. Поскольку такими силами могут быть нагрузки, связанные как с *эксплуатацией* деталей машин и элементов сооружений, так и с *обработкой* их заготовок в процессе изготовления, механические свойства конструкционных материалов могут определять, как будет показано ниже, не только *эксплуатационные*, но и *технологические* свойства этих материалов.

Прочность – сопротивление конструкционного материала *разрушению от внешних нагрузок*. Поскольку *разным видам* нагрузок *один и тот же* материал сопротивляется тоже *по-разному*, показателей его прочности существует *несколько*. Наиболее важным и распространенным является количественный показатель сопротивления разрушению материала при его растя-

жении, а именно, **предел прочности на растяжение** или **временное сопротивление разрыву σ_B** – максимальная удельная нагрузка (напряжение, давление), которую выдерживает материал до своего разрушения при растяжении. Измеряется, естественно, в единицах давления – мегапаскалях (МПа). Для других видов нагрузок существуют аналогичные количественные показатели прочности конструкционных материалов:

- **предел прочности на сжатие $\sigma_{B.CЖ}$** ;
- **предел прочности на изгиб $\sigma_{B.И}$** ;
- **предел прочности на кручение $\sigma_{B.К}$** ;
- **предел прочности на срез $\sigma_{B.СР}$** ;
- **предел прочности на смятие $\sigma_{B.СМ}$** .

Пластичность – способность конструкционного материала претерпевать пластические (неупругие, необратимые) деформации без разрушения. Уровень пластичности определяет возможность обработки материалов давлением (см. далее «Технологические свойства конструкционных материалов»). Количественно оценивается **относительным удлинением δ** образца при его растяжении до разрушения и **относительным сужением поперечного сечения ψ** того же испытываемого образца. Единица измерения обоих показателей – проценты.

Твердость – это сопротивление конструкционного материала внедрению под нагрузкой в его поверхность другого физического тела (**индентора**). Твердость материала деталей определяет износостойкость их рабочих поверхностей. В зависимости от твердости того или иного конструкционного материала применяют разные методы её измерения. Так, твердость мягких металлов и древесины измеряют методом Бринелля, при котором индентором служит стальной закаленный шарик. Диаметр полученной лунки измеряют и переводят в условные **единицы твердости по Бринеллю, обозначаемые НВ**. Твердость закаленных металлических материалов измеряют методом Роквелла, используя в качестве индентора алмазный конус. **Единицы твердости по Роквеллу HRC** определяются по диаметру и глубине отпечатка. Твердость минералов определяют по специальной шкале минералов (**шкале Мооса**), в которой из десяти минералов номер 1 (тальк) является самым мягким, и на нём легко сделать царапину ногтем, а каждый последующий минерал (2 – гипс, 3 – кальцит, 4 – флюорит, 5 – апатит, 6 – ортоклаз, 7 – кварц, 8 – топаз, 9 – корунд) царапает предыдущий. Номер же 10 (алмаз) является самым твердым и легко оставляет царапины даже на стекле. Твердость минералов, определяемая последовательным царапанием, обозначается, естественно, числом от 1 до 10 без указания единицы измерения.

Упругость – это свойство конструкционного материала восстанавливать свою первоначальную форму после прекращения действия внешней нагрузки. Количественной характеристикой данного свойства является **модуль упругости материала E** , равный максимальному значению этой нагрузки (МПа). Высокое значение модуля упругости E говорит о высокой жёсткости (малой упругости) этого материала, и наоборот. По степени сни-

жения упругости (увеличения значения E) можно привести следующий ряд конструкционных материалов (МПа):

- каучук 20;
- пластмассы 2 000–5 000;
- бетон и древесина 20 000;
- стекло 70 000;
- медь и чугун 100 000;
- стали 200 000.

Ударная вязкость – это сопротивление конструкционного материала динамическим (ударным) нагрузкам. Обозначается KC (МДж/м²) и определяется как отношение работы (МДж), затраченной на разрушение образца с полукруглым надрезом по середине длины при ударе, к площади его поперечного сечения с надрезом (м²). Наиболее высокой ударной вязкостью обладают стали, низкой – неметаллические конструкционные материалы.

Выносливость – это сопротивление конструкционного материала усталости, выражающейся в постепенном накоплении трещин в работающем сечении детали при циклических (повторяющихся) нагрузках вплоть до её разрушения. Критерием такой циклической прочности является **предел выносливости** – наибольшее напряжение (МПа) в цикле рабочей нагрузки, при котором не происходит усталостного разрушения материала при любом количестве циклов нагружения. Низкую циклическую прочность (высокую усталость) имеют твердые и хрупкие конструкционные материалы.

Технологические свойства конструкционных материалов определяют их склонность к формообразованию *главными методами* получения деталей машин и элементов конструкций, а также их заготовок – *литьем, давлением, сваркой и резанием*. Так, к **литейным свойствам** конструкционных материалов относятся *жидкотекучесть* и *усадка*.

Жидкотекучесть – это способность расплава конструкционного материала заполнять **самые узкие места** внутренней полости литейной формы. Определяется множеством факторов – теплофизическими свойствами материала, плотностью его расплава, условиями литья и др. Чем *выше* жидкотекучесть, тем *более точную и сложную по конфигурации* заготовку (отливку) можно получить. Самой высокой жидкотекучестью обладает чугун, потом в порядке её убывания идут сплавы цветных металлов и сталь. Низкую жидкотекучесть имеют неметаллические конструкционные материалы.

Усадка – это **уменьшение объема** материала отливки после его (материала) отверждения. Измеряется в *процентах* такого уменьшения. Усадка конструкционного материала прямо пропорциональна *коэффициенту его линейного расширения* (см. выше). Чем *меньше* усадка конструкционного материала, тем *более точную по размерам* отливку из него можно получить. Обладающие высокой жидкотекучестью конструкционные материалы и усадку имеют минимальную, и наоборот (%):

- чугун и алюминиевые сплавы 0,9–1,5;
- магниевые сплавы 1,0–1,6;
- сталь и медные сплавы 1,5– 2,5;

– неметаллические конструкционные минеральные материалы 5,0.

Возможность пластического деформирования конструкционного материала без образования дефектов его внутренней структуры называется ковкостью. Единиц измерения данный показатель склонности материалов к обработке давлением не имеет – считается, что конструкционный материал либо обладает ковкостью, либо нет. Даже материалы *одного вида* могут быть и ковкими, и нековкими (деформируемые и литейные сплавы цветных металлов, например). Нетрудно, однако, догадаться, что исчерпывающими количественными критериями склонности конструкционного материала к обработке давлением являются характеристики его *пластичности* – относительное удлинение и относительное сужение (см. выше).

Свариваемость – это образование неразъемного соединения двух заготовок из одного и того же конструкционного материала между собой *расплавлением их соединяемых кромок.* Критерием свариваемости является качество полученного сварного шва, количественно оцениваемое *коэффициентом прочности сварного соединения.* Он является отношением предела прочности на растяжение *сварного шва* к аналогичному показателю прочности *свариваемого конструкционного материала.* Очевидно, что идеальной свариваемостью (наивысшим качеством получаемых сварных соединений) будут обладать материалы, имеющие этот коэффициент равным единице. Наиболее близки к данному эталону сталь, литейные алюминиевые сплавы и некоторые пластмассы (полипропилен, полиэтилен).

Обрабатываемость резанием – это образование поверхности на заготовке из конструкционного материала как *следа режущего инструмента.* Качество этой полученной резанием поверхности *количественно* оценивается двумя показателями *шероховатости* данной поверхности (измеряются в *микронметрах*, обозначаемых *Мкм*):

- *высотой микронеровностей профиля поверхности по десяти наивысшим точкам R_z .* Данный показатель применяется для оценки шероховатости после *грубой (черновой)* обработки резанием;
- *средним арифметическим отклонением профиля поверхности на определенной длине R_a ,* используемым для той же цели, но после *точной (чистовой)* механической обработки.

Разные конструкционные материалы имеют разную степень обрабатываемости резанием. Хорошо поддаются механической обработке *чугуны, сплавы цветных металлов* и большинство *сталей*, хуже – неметаллические *минеральные* конструкционные материалы.

Эксплуатационные свойства конструкционных материалов являются *наиболее важными* с точки зрения их правильного выбора при изготовлении как деталей машин и механизмов, так и элементов конструкций и сооружений. Важнейшими из этих свойств являются *износостойкость, жаропрочность, жаростойкость и хладостойкость.*

Износостойкость – это *сопротивление конструкционного материала изнашиванию, то есть изменению размеров и формы детали вследствие разрушения поверхностного слоя её материала при трении.* Износ – *наибо-*

лее частая причина потери работоспособности деталей машин и механизмов. Количественно износостойкость материала оценивается *величиной, обратной интенсивности изнашивания* – отношения линейного износа, измеренного в перпендикулярном к изнашиваемой поверхности направлении, к длине пути трения, на котором происходит это изнашивание. Износостойкость конструкционного материала тем *выше*, чем *больше его твердость* (см. выше) и *меньше коэффициент трения*. По степени *убывания* последнего, т.е. по мере *возрастания износостойкости*, некоторые из этих материалов выглядят следующим образом:

- резина 0,50;
- текстолит 0,25;
- сталь 0,15;
- бронза 0,10;
- капрон 0,06;
- алмаз 0,02.

Для конкретной группы конструкционных материалов, применяемых для изготовления подшипников скольжения – *баббиты, фторопласты* – определяющим является эксплуатационное свойство, *противоположное износостойкости* – *антифрикционность*, или сохранение *низкого* сопротивления трению в заданных условиях эксплуатации.

Жаропрочность – это способность конструкционного материала *сохранять работоспособность (требуемый уровень механических свойств) при нагреве до высоких температур*. Каких именно – до 100°C (бетон), до 400°C (железобетон), до 750°C (легированная сталь), до 1 000°C (сплавы на основе никеля и хрома). Конкретной и важнейшей *разновидностью жаропрочности* является *красноломкость* – *предел прочности конструкционного материала на растяжение* (см. выше) *при таких температурах*. Если, например, порог красноломкости материала *выше*, чем температура эксплуатации изготовленной из него детали, она выдержит рабочие нагрузки без разрушения.

Близкое, но не тождественное жаропрочности эксплуатационное свойство *металлических* конструкционных материалов опять же *конкретного* назначения – это *жаростойкость*, или их *сопротивляемость высокотемпературному окислению*. По имени продукта высокотемпературной коррозии металлов – смеси их оксидов, или *окалины* – она еще называется *окалиностойкостью*. Примеры некоторых жаростойких металлов и сплавов – легированные стали (550–1 100°C), титан (1 000°C), вольфрам (3 000°C).

Хладостойкость – это способность конструкционного материала *сохранять работоспособность (требуемый уровень механических свойств) при низких (минусовых) температурах*. По степени *возрастания* конкретной её характеристики – *хладноломкости*, или *предела прочности конструкционных материалов на растяжение при минусовых температурах* – можно привести следующие их примеры (–°C):

- углеродистая сталь 30;
- фторопласт и полиэтилен, а также специальные резины 70;

- легированная сталь 150;
- алюминиевые и медные сплавы 200.

Аналогично сказанному выше – если порог хладноломкости *ниже* температуры эксплуатации хладостойкого конструкционного материала, детали из него будут работать надежно.

3.2. Металлические конструкционные материалы

3.2.1. Стали

Сталями называют сплавы железа (Fe) с углеродом (C), содержание последнего в которых составляет не более 2,14 % от общего объема этих сплавов. Кроме углерода в химический состав сталей входят железо (основа), постоянные примеси (сера S, фосфор P, марганец Mn и кремний Si), наличие которых обусловлено особенностями технологических процессов получения (выплавки) сталей, а также специально добавляемые в процессе этой выплавки полезные добавки (легирующие компоненты).

Стали являются наиболее широко применяемыми конструкционными материалами по причине оптимального сочетания двух своих взаимоисключающих качеств – высокого уровня механических, а, следовательно, и эксплуатационных свойств в совокупности с экономичностью производства (выплавки).

Классифицируют стали по четырем признакам:

- **по назначению** стали подразделяются на *конструкционные, инструментальные и специальные*. Первые применяются для изготовления деталей машин и механизмов, а также элементов конструкций и сооружений. Вторые – для изготовления режущего, мерительного, слесарно-монтажного, штампового и литейного инструмента. Специальные же стали потому так и называются, что имеют особые свойства, требующиеся в экстремальных условиях эксплуатации *деталей и элементов машин и конструкций* – высокой или, наоборот, низкой температуры, агрессивной окружающей среды, специфических нагрузок высокого уровня (ударных или циклических, например, см. раздел 3.1) и т.д.;
- **по химическому составу** стали бывают *углеродистыми*, которые состоят только из железа, углерода и постоянных примесей, а также *легированными*, в которые при выплавке для получения необходимых свойств вводят те или иные легирующие компоненты;
- **по содержанию углерода** стали делятся на *низкоуглеродистые, среднеуглеродистые и высокоуглеродистые*. С увеличением содержания углерода в стали повышается её твердость и прочность (см. раздел 3.1), но уменьшается пластичность и ударная вязкость (там же). В силу этого *низкоуглеродистые стали с содержанием углерода не более 0,3 %* – это стали малой прочности и невысокой твердости, которые не поддаются упрочнению термообработкой, но хорошо свариваются (коэффициент прочности

сварного соединения близок к единице, также см. раздел 3.1). *Среднеуглеродистые стали* (содержание углерода **0,3–0,7 %**) после термообработки имеют высокую прочность и среднюю твердость при достаточной упругости и низкой свариваемости. Наконец, упрочненные *высокоуглеродистые стали* (содержание углерода **более 0,7 %**) – это стали высокотвердые и среднепрочные, но в то же время хрупкие и очень плохо сваривающиеся;

- **качество сталей** определяется содержанием в них двух **вредных примесей** из числа постоянных – **серы** (она понижает порог *красноломкости*, см. раздел 3.1) и **фосфора** (он повышает порог *хладноломкости*, там же). Чем больше в стали серы (S) и фосфора (P), тем выше её *хрупкость* в горячем и холодном состоянии соответственно, поэтому в зависимости от допустимого их количества *стали по качеству* подразделяются на следующие группы:

- *стали обыкновенного качества* ($S \leq 0,06 \%$, $P \leq 0,07 \%$);
- *качественные стали* ($S \leq 0,04 \%$, $P \leq 0,035 \%$);
- *высококачественные стали* ($S \leq 0,025 \%$, $P \leq 0,025 \%$);
- *особовысококачественные стали* ($S \leq 0,015 \%$, $P \leq 0,025 \%$).

Рассмотрим *маркировку, состав, свойства и области применения* наиболее важных и представительных групп сталей по выше приведенным их классификационным признакам.

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества

Маркируются *русскими буквами «Ст» и цифрой, указывающей порядковый номер стали по ГОСТу* – Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5 и Ст6. Чем больше цифра в марке стали, тем больше в ней содержание углерода и выше её прочностные свойства, но ниже пластичность. Для указанных семи марок сталей по степени возрастания номера содержание углерода увеличивается от 0,06 до 0,43 %, предел прочности на растяжение σ_B возрастает от 150 до 300 МПа, а относительное сужение δ уменьшается от 32 до 14 %.

В зависимости от того, какие из указанных характеристик *гарантируются при поставке*, конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества делят на *три группы* – А, Б и В. Стали *группы А* изготавливаются с *гарантированными механическими свойствами* (см. выше). Хотя их химический состав и указывается в сертификате, отклонения в нём браковочными признаками не являются. Из сталей данной группы делают детали машин и элементы конструкций, *не подвергающиеся нагреву при изготовлении*, т.е. получаемые **без применения** сварки, горячей обработки давлением или термообработки. **Буква «А» в марке сталей группы А не указывается.**

Стали *группы Б* предназначены как раз для *горячей обработки*, поэтому для них *гарантируется химический состав* – минимальное и максимальное содержание углерода, серы, фосфора, марганца и кремния – поскольку именно он важен при выборе режимов этой обработки. *В маркировке сталей этой группы буква «Б» указывается первой* – БСт0, БСт1, БСт2 и так далее.

Для сталей *группы В* *гарантируются как механические свойства, так и химический состав* (содержание углерода, серы и фосфора). Поскольку

стали данной группы имеют *наибольшее* число гарантируемых при поставке показателей качества и, как следствие, более высокую цену, их не семь, как в двух предыдущих группах, а только пять – ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4 и ВСт5.

Механические свойства углеродистых сталей в значительной степени зависят от содержания в них *кислорода*, поэтому в марках этих сталей отражается его содержание, или *степень их раскисления*. По *возрастанию* этой степени углеродистые стали подразделяют на *кипящие* (обозначаются *русскими прописными буквами «кп»* в конце марки стали), *полуспокойные* (имеют там же *буквы «пс»*) и *спокойные* (аналогично «сп»). Чем меньше в стали кислорода (выше степень её раскисления), тем больше её прочность и меньше пластичность, и наоборот. С учетом этой дифференциации конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества примеры их *марок* по группам А, Б и В выглядят следующим образом – *Ст3кп, БСт4пс и ВСт5сп* соответственно.

Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества обладают невысокой прочностью и значительной хрупкостью, но зато они имеют хорошую свариваемость и наиболее экономичны (дешевы) в производстве, поэтому применяют их для изготовления неотвественных и малонагруженных деталей машин и элементов конструкций.

Качественные конструкционные углеродистые стали

Маркируются *числами, указывающими среднее содержание углерода в сотых долях процента*. Всего существует *пятнадцать* марок сталей данной группы – 05, 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65 и 70. К этим числам добавляются *буквы, показывающие степень раскисления стали* (см. выше), например, сталь *марки 08кп* (из неё, например, холодной штамповкой изготавливают детали кузова автомобиля), *марки 25пс*, или *марки 45сп*.

Как одна из наиболее многочисленных, данная группа сталей по *свойствам и областям применения* может быть *дополнительно поделена* следующим образом. Стали *марок от 05 до 30* содержат мало углерода, поэтому имеют низкую прочность, да еще и не поддаются упрочнению закалкой, но хорошо свариваются. В силу этого применяются для изготовления сварных конструкций и неотвественных деталей машин и механизмов – слабонагруженных валов и осей, прокладок, крышек, шайб, шплинтов, гвоздей и т.д.

Стали *марок от 35 до 55* после термообработки имеют оптимальное сочетание высокой прочности и твердости с малой хрупкостью (приемлемой ударной вязкостью), поэтому применяются для изготовления ответственных и высоконагруженных деталей машин и механизмов – валов, осей, шестерен, кулачков, вилок, рычагов, клиньев и т.д.

Стали *марок от 60 до 70* после термообработки имеют высокий уровень и прочности, и упругости, поэтому применяются для изготовления пружин и рессор.

Качественные конструкционные углеродистые стали с содержанием углерода более 0,7 % не производят, поскольку такое содержание последнего обеспечивает настолько высокую их твердость и хрупкость как технологи-

ческих и эксплуатационных свойств (см. раздел 3.1), что изготавливать из таких конструкционных материалов какие-либо детали машин или элементы конструкций экономически нецелесообразно. Поэтому такие стали относят к *инструментальным* (см. ниже).

Конструкционные легированные стали

Эта и все рассматриваемые ниже группы сталей имеют *две общие* особенности, а именно:

- по качеству они могут быть только *качественными, высококачественными и особовысококачественными*, т.е. градация «сталь обыкновенного качества» (см. выше) *исчезает*. Признак «сталь качественная» никак не отмечается в её марке, стали же *высококачественные* имеют в конце своей марки русскую заглавную букву «А», а стали *особовысококачественные* – там же такую же букву «Ш»;
- исчезает деление сталей *по степени раскисления* (также смотри выше), поскольку даже минимальная степень легирования (см. ниже) гарантированно обеспечивает *полное раскисление*, т.е. *спокойный* характер стали.

Легировующими компонентами являются металлы и неметаллы, которые при выплавке *специально* (в отличие от постоянных примесей, см. выше) вводят в сталь с целью изменения её структуры и свойств. Для обозначения марок конструкционных легированных сталей принята система чисел и букв. *Число, стоящее впереди* обозначения марки, указывает на *среднее содержание углерода в сотых долях процента*. *Легировующие компоненты* обозначаются заглавными буквами русского алфавита, большей частью, по *первой букве названия*: А – азот, В – вольфрам, К – кобальт, М – молибден, Н – никель, Т – титан, Х – хром, Ц – цирконий. *Повторяющиеся* начальные буквы других легировующих компонентов обозначают *иными* буквами: Ю – алюминий, Р – бор, Ф – ванадий, С – кремний, Г – марганец, Д – медь, Б – ниобий П – фосфор. *Число, стоящее за буквой*, означает *среднее содержание легировующего компонента в процентах*. Если это число *отсутствует*, содержание легировующего компонента по умолчанию составляет *около 1 %*. Примеры марок конструкционных легированных сталей: *сталь 40Х* – легированная, качественная, содержит около 0,4 % углерода и 1 % хрома; *сталь 12ХНЗА* – легированная, высококачественная, содержит около 0,12 % углерода, 1 % хрома и 3 % никеля.

В зависимости от *суммарной* концентрации легировующих компонентов стали данной группы подразделяются на *низколегированные* (до 3 %), *среднелегированные* (3–10 %) и *высоколегированные* (более 10 %). В машиностроении наиболее широкое применение нашли конструкционные легированные стали, содержащие от 1 до 6 % легировующих компонентов. Высоколегированные же стали этой группы, как правило, относятся уже либо к *инструментальным*, либо к *специальным* сталям (см. ниже).

Инструментальные стали

Подразделяются на *инструментальные углеродистые, быстрорежущие и инструментальные легированные* стали. Первые маркируются заглавной русской буквой «У» и числом, *показывающим среднее содержание угле-*

рода в десятых долях процента. Инструментальные углеродистые стали применяют для изготовления *ручного* слесарного и режущего инструмента:

- У7, У8 – зубила, молотки, плоскогубцы, кусачки, стамески;
- У9, У10 – измерительный и монтажный инструмент;
- У11 – ножовочные полотна, сверла, развертки;
- У12, У13 – напильники.

Одним из основных инструментальных материалов являются *быстро-режущие стали* – из них изготавливают до 60 % стандартного и фасонного *машинного* режущего инструмента (резцы, сверла, фрезы, долбяки, шеверы и т.д.). Принципиальное отличие этих сталей от прочих (углеродистых и легированных) инструментальных сталей – высокая твердость и износостойкость при температурах более 600°С, обеспечиваемая повышенным содержанием *вольфрама*. Данное обстоятельство делает особой маркировку быстрорежущих сталей – они обозначаются *русской заглавной буквой «Р»*, число после которой указывает на содержание вольфрама в процентах. Содержание углерода во всех этих сталях около процента, остальные буквы и числа означают то же, что и у легированных сталей (см. выше). Для примера расшифруем две самые известные марки быстрорежущих сталей: *сталь Р18* содержит около процента углерода и 18 % вольфрама; а *сталь Р6М5* – около процента углерода, 6 % вольфрама и 5 % молибдена.

Инструментальные легированные стали применяются для изготовления *массивного* инструмента, например, штампов для холодного и горячего деформирования, вес которых измеряется сотнями килограмм. Главное требование к такому штамповому инструменту – *равномерность* требуемых прочностных свойств по *всему объему его материала*, потому что если после закалки сердцевина тяжелого и большого штампа останется «сырой», то есть упрочнение не проникнет «насквозь» по всему его телу, штамп из-за этого «слабого места» просто развалится от ударных нагрузок. Свойство сталей приобретать сквозную и равномерную по поперечному сечению закаливаемых деталей твердость и прочность называется *прокаливаемостью*. Именно *инструментальные легированные стали высокой прокаливаемости* обеспечивают изготовление массивного штампового инструмента, имеющего равномерное упрочнение по всему объему его материала. Для сравнения – прокаливаемость инструментальной *углеродистой* стали марки У7 после закалки в воду не достигает даже 12 мм в поперечном сечении.

Инструментальные легированные стали маркируются так же, как стали легированные *конструкционные* с тем лишь уточнением, что если в марке стали *первое число отсутствует*, то содержание углерода в ней составляет около 1 %. Пример – сталь *марки ХВСТ*, содержащая по одному проценту углерода, хрома, вольфрама, кремния и марганца соответственно.

Специальные стали

Полное и технически правильное название сталей данной группы – это *стали с особыми эксплуатационными свойствами*, или *функциональные стали*. Данных сталей четыре вида.

Высокопрочные стали, обладающие высокой прочностью **одновременно и к статическому, и к ударному разрушению**. Сочетание **взаимосключающих** механических свойств – высокого предела прочности на растяжение σ_B (см. раздел 3.1) и высокой ударной вязкости КС (там же) – достигается за счет сложной схемы легирования. Примеры марок высокопрочных сталей – высоколегированная среднеуглеродистая сталь марки *40ХГСНЗВА* и мартенситностареющая сталь марки *Н18К9М5ТЮ*. Использование таких сталей позволяет **уменьшить вес и металлоемкость деталей и элементов машин и конструкций не в ущерб их эксплуатационным качествам**.

Износостойкие шарикоподшипниковые стали имеют высокую твердость (HRC 61...66) за счет легирования хромом. Это отражается их специальной маркировкой – она **начинается с русской заглавной буквы «Ш», обозначающей, что сталь является износостойкой шарикоподшипниковой**, следующие за ней буква «Х» и число – это **содержание хрома в десятых долях процента**, остальные символы обозначают то же самое, что и в легированных сталях (см. выше). С увеличением содержания хрома прокаливаемость износостойких шарикоподшипниковых сталей **улучшается**, поэтому сталь, например, марки *ШХ4* используется для изготовления **мелких шарико- и роликоподшипников**, а вот сталь марки *ШХ15СГ* – для **крупных**.

Коррозионностойкие (нержавеющие) стали делятся на **атмосферно коррозионностойкие** и **собственно коррозионностойкие**. Первые являются низкоуглеродистыми сталями, но их легирование малыми добавками хрома, фосфора и меди обеспечивает образование на поверхности этих сталей **плотных оксидных пленок**, за счет которых они становятся **практически инертными** по отношению к **атмосферному кислороду**. Это качество вкупе с **низким содержанием углерода и легирующих элементов**, а, следовательно, с **дешевизной**, а также **хорошая свариваемость** делают данные стали идеальным материалом для элементов открытых массивных металлических конструкций – мостов, опор ЛЭП, вышек связи, каркасов промышленных и жилых зданий. По сравнению с изготовленными из обычных конструкционных сталей срок службы конструкций из атмосферно коррозионностойких сталей примерно в **три раза выше**. Наиболее распространенные марки этих сталей – *10ХДП, 10ХСНД, 15ХНДП*.

Собственно коррозионностойкие стали – это стали с **высоким (12–30 %) содержанием хрома**, устойчивые против коррозии не только в атмосфере, но и в морской воде, в слабых растворах кислот и щелочей, а также в других агрессивных средах. Классическая «нержавейка», представитель этой группы – сталь марки *12Х18Н10Т*.

Наконец, **жаропрочные и жаростойкие стали** применяют для изготовления клапанов двигателей внутреннего сгорания, лопаток турбин, арматуры промышленных печей, деталей ракетных двигателей и т.д. Эксплуатационные свойства этих сталей обеспечиваются чаще всего высокой степенью легирования **хромом и никелем**. В качестве подтверждения можно привести примеры марок жаропрочной *40Х14Н14В2М* и жаростойкой *12Х25Н16ГАР* сталей.

3.2.2. Чугуны

Чугунами называют сплавы железа с углеродом, содержание последнего в которых составляет **более 2,14 %** от общего объема этих сплавов. Кроме железа и углерода в химический состав чугунов входят те же элементы, что и в состав сталей – постоянные примеси и полезные добавки, (см. подраздел 3.2.1).

Чугуны делятся на две основные группы:

- **белые** (получили название по виду матово-белого излома), в которых весь углерод находится в *связанном* состоянии – в виде карбида железа Fe_3C (цементита). Он обладает очень высокой твердостью и хрупкостью. По этой причине белые чугуны имеют *ограниченное использование* в качестве *конструкционных материалов*. Большая их часть (свыше 80 %) используется для *выплавки стали* (для «переделки» в сталь, отчего белые чугуны называют ещё *передельными*), а также для получения *ковких чугунов*, как конструкционных материалов более высокого качества (см. ниже);
- **со свободным графитом** в виде включений в металлическую железоуглеродную (цементит) основу (матрицу). Поскольку графит имеет почти *нулевую* прочность и пластичность, его включения фактически представляют собой *пустоты* микроскопических размеров. Чугун со свободным графитом в связи с этим можно рассматривать как сталь, испещренную большим количеством таких микропустот, которые *ослабляют* его металлическую основу. С одной стороны, это снижает прочность таких чугунов, но с другой улучшает их литейные свойства и обрабатываемость резанием, а также обеспечивает чугунам со свободным графитом высокие антифрикционные качества. Благодаря комплексу столь *разнообразных* механических, технологических и эксплуатационных свойств, а также *более высокой по сравнению со сталью экономичности производства* (ненужными становятся два металлургических передела из трех – получение стали из чугуна и получение проката из стальных слитков), чугуны данной группы широко используются в качестве конструкционных материалов.

Разновидности, свойства и области применения этих материалов определяются формой графитных включений – пластинчатой, шаровидной или хлопьевидной. Так, чугуны со свободным графитом *пластинчатой* формы называются **серыми** (по цвету излома). Такой графит образуется при очень медленном охлаждении кристаллизующегося чугуна и, как следствие, распада становящегося неустойчивым цементита. Пластинчатый графит играет роль острых трещин и надрезов, их концы являются резкими концентраторами напряжений, поэтому серые чугуны имеют *самую низкую* прочность из описываемых ниже. *Маркируются русскими заглавными буквами «СЧ» (серый чугун) и через пробел числом, указывающим предел прочности при растяжении, но не в мегапаскалях (см. раздел 3.1), а в кгс/мм². Соотношение между этими единицами давления – $1 \text{ кгс/мм}^2 = 10 \text{ МПа}$. Интервал марок се-*

рых чугунов – от СЧ 10 до СЧ 35 через пять. Марки СЧ 10 и СЧ 15, например, применяются для изготовления *слабонагруженных* деталей – крышек, фланцев, маховиков, корпусов редукторов и т.д. Из серых чугунов марок СЧ 20 и СЧ 25 делают детали, работающие при *повышенных нагрузках* – блоки цилиндров, картеры двигателей, станины станков и др. Наконец, чугуны марок СЧ 30 и СЧ 35 используются для изготовления деталей, работающих при *высоких нагрузках и в условиях износа* – зубчатых колес, гильз блоков цилиндров, распределительных валов и т.п.

Чугуны со свободным графитом *шаровидной* формы называются **высокопрочными**. Такую форму получают введением (*модифицированием*) в жидкий чугун небольших добавок магния. Шар, как известно, является идеальной по равнопрочности конструкцией, поэтому включения графита шаровидной формы *минимально* ослабляют металлическую основу высокопрочных чугунов, обеспечивая им **максимальную прочность**, практически равную прочности литой стали. *Маркируются* эти чугуны *русскими заглавными буквами «ВЧ» и через пробел числом, которое обозначает предел прочности при растяжении в кгс/мм²*. Высокопрочные чугуны марок ВЧ 38, ВЧ 42, ВЧ 45, ВЧ 50, ВЧ 60 и ВЧ 80 **эффективно заменяют конструкционные стали** при изготовлении больших валков прокатных станков, корпусов турбин и прессов, крупных коленчатых валов мощных двигателей и других *массивных* деталей как **более дешевые материалы**.

Чугуны со свободным графитом *хлопьевидной* формы называются **ковкими**, их получают продолжительным (*графитизирующим*) отжигом отливок из белого чугуна. Образующийся в результате хлопьевидный графит в меньшей степени, чем пластинчатый, ослабляет металлическую основу ковких чугунов, а снимаемые в процессе отжига литейные напряжения обеспечивают им высокие механические свойства. В итоге ковкие чугуны по прочности и по пластичности существенно превосходят серые. Именно из-за своей особенно высокой пластичности они получили данное название, которое, тем не менее, является *условностью* – **ни один из чугунов вообще не может пластически деформироваться даже при нагреве до температуры плавления**. Поэтому *ковкие чугуны не куют*.

Маркируются ковкие чугуны *русскими заглавными буквами «КЧ» и через пробел двумя числами, разделенными дефисом*. Первое – это предел прочности на растяжение в кгс/мм², а второе – относительное удлинение в процентах. Примеры: ковкие чугуны марок КЧ 37-12 и КЧ 55-4. Из ковких чугунов изготавливают детали *небольших* размеров, которые работают при *значительных статических и динамических нагрузках* – картеры редукторов, ступицы, крюки, фланцы, муфты, вилки карданных валов и другие.

Все *три вида* чугунов со свободным графитом – серые, высокопрочные и ковкие – могут быть **легированными** чугунами. Легирование чугунов, как и легирование сталей, имеет целью придать им требуемые *эксплуатационные* свойства – износостойкость, коррозионную стойкость, жаропрочность и т.д., но **преимуществами первых** являются *более высокие технологические свойства и дешевизна* (см. выше). *Марки легированных чугунов начинаются с за-*

главной русской буквы «Ч», после которой уже **без пробела** указываются буквы и числа, обозначающие соответственно названия и содержание полезных компонентов точно так же, как и в марках легированных сталей (см. подраздел 3.2.1). Примеры: коррозионностойкий легированный чугун марки *ЧН15Д7Х* и износостойкий легированный чугун марки *ЧНХТ*.

К легированным чугунам следует отнести и **антифрикционные чугуны**, из которых изготавливаются детали, работающие в подшипниковых узлах трения скольжения. Они представляют собой *серые, высокопрочные или ковкие чугуны*, легированные небольшим количеством фосфора и хрома. Преимуществом их так же является стоимость – они значительно дешевле антифрикционных материалов из цветных сплавов (*бронз и баббитов*, см. далее). Маркируются соответственно русскими заглавными буквами *АЧС, АЧВ* или *АЧК* с указанием далее через дефис номера сплава по ГОСТу – например, *АЧС-5, АЧВ-1* или *АЧК-2*.

3.2.3. Цветные металлы и их сплавы

Уточним, что в данном подразделе рассматриваются **все металлы** кроме железа, хотя *цветными* из них являются не все (см. раздел 2.1). В качестве *конструкционных материалов* используются как *сами эти* технически чистые металлы, так и *сплавы на их основе*.

Медь и её сплавы

Благодаря высокой электропроводности, коррозионной стойкости и пластичности, медь используется для производства изделий электротехники и электроники, при изготовлении тепловой техники, а также техники, работающей в агрессивных средах. Технически чистая медь *марок М00* (99,99 % меди), *М0* (99,95 % меди), *М1* (99,90 % меди), *М2* (99,70 % меди) и *М3* (99,50 % меди) выпускается в виде листов, прутков, труб и проволоки. Однако как конструкционный материал медь не удовлетворяет многим требованиям машиностроения – она имеет высокую плотность, что предполагает большой вес изделий, малую жидкотекучесть, низкую свариваемость и плохую обрабатываемость резанием. Этих недостатков лишены конструкционные машиностроительные материалы на основе меди – *латуни* и *бронзы*.

Латуни – это сплавы на основе меди, в которых основным легирующим компонентом является цинк. *Бронзы* – это сплавы меди с другими компонентами, в числе которых в качестве не основного может быть и цинк. Те и другие нашли широкое распространение в промышленности благодаря своим высоким механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам – жидкотекучести, пластичности, обрабатываемости резанием, прочности, коррозионной стойкости, антифрикционности.

Принципы маркировки латуней и бронз иные, нежели у сталей. Так, *легирующие компоненты* имеют следующие обозначения: А – алюминий, Б – бериллий, Ж – железо, К – кремний, Мц – марганец, Мг – магний, Н – никель, О – олово, С – свинец, Т – титан, Ф – фосфор, Х – хром, Ц – цинк. *Содержание* всех перечисленных элементов указывается в *процентах*. **Сочета-**

ние же букв и чисел, обозначающих соответственно название и содержание легирующего компонента, зависит от того, каким сплавом на основе меди – **деформируемым или литейным** – является та или иная латунь или бронза. В марках **деформируемых латуней и бронз** сначала пишутся все буквы, обозначающие наличие легирующих компонентов, а затем через дефис – числа, показывающие содержание этих компонентов в порядке их написания. В марках же **литейных латуней и бронз** числа пишутся непосредственно после букв, обозначающих тот или иной легирующий компонент, аналогично тому, как это принято в марках легированных сталей (см. подраздел 3.2.1), т.е. никаких дефисов в марках **литейных** медных сплавов быть не может.

Марки латуней *начинаются с заглавной русской буквы «Л»*. В марках **деформируемых латуней** далее идут буквы, обозначающие легирующие компоненты – все, **кроме цинка**. Первое число, следующее за этими буквами, показывает содержание меди в процентах, а остальные числа – содержание соответствующих легирующих компонентов. Основной легирующий компонент – цинк – *ни буквой, ни числом* в марках деформируемых латуней **не обозначается**. Его содержание находится как *разность* между числом 100 и суммарным процентным содержанием меди и легирующих компонентов. Примеры:

- *простая (нелегированная)* деформируемая латунь марки **Л96** содержит 96 % меди и $100 - 96 = 4$ % цинка;
- *сложная (легированная)* деформируемая латунь марки **ЛАЗ60-1-1** содержит 60 % меди, по одному проценту алюминия и железа, а также $100 - 60 - 1 - 1 = 38$ % цинка.

В марках **литейных латуней**, наоборот, *не указываются обозначение и содержание меди*, обозначения же легирующих компонентов идут, как указывалось выше, парами букв и чисел (кроме *содержания в один процент*, как в марках сталей). Очевидно, что простых (нелегированных) литейных латуней не бывает, содержание же меди находится аналогично: сложная (легированная) литейная латунь марки **ЛЦ40Мц3Ж** содержит 40 % цинка, 3 % марганца, 1 % железа и $100 - 40 - 3 - 1 = 56$ % меди.

Латуни более прочны, тверды и лучше обрабатываются резанием, чем медь, имеют хорошие антифрикционные качества и высокую коррозионную стойкость в пресной и в морской воде. Деформируемые латуни высокопластичны, поэтому хорошо куются, штампуются, прессуются и прокатываются. Применяются для изготовления деталей водопроводной, химической и холодильной аппаратуры, а также как материал трубопроводов для агрессивных жидкостей в транспортном машиностроении. Литейные латуни, обладая такими же свойствами, как и деформируемые, имеют еще и высокую жидкотекучесть, поэтому применяются для изготовления литьем сложных по конфигурации массивных деталей, работающих в агрессивных газовых, водных и химических средах.

Марки бронз *начинаются с букв «Бр»*, обозначение и содержание меди в них также не указываются. Примеры:

- деформируемая бронза марки *БрОЦСб-6-3* содержит по 6 % олова и цинка, 3 % свинца и $100 - 6 - 6 - 3 = 85$ % меди;
- литейная бронза марки *БрА10Ж4Н4* содержит 10 % алюминия, по 4 % железа и никеля, а также $100 - 10 - 4 - 4 = 82$ % меди.

По своим механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам *бронзы превосходят латуни* – они более прочны и тверды, лучше обрабатываются резанием, имеют более высокие антифрикционные свойства и лучшую коррозионную стойкость. Поэтому из бронз изготавливают детали, работающие в особо тяжелых условиях – венцы червячных пар, зубчатые колеса, упругие элементы ответственных приборов, вкладыши высокоскоростных подшипников скольжения и др.

Деформируемые латуни и бронзы поставляются в виде листов, ленты, проволоки, проката, *литейные* – в виде чушек (слитков).

Алюминий и его сплавы

По объему производства и потребления алюминий занимает второе место среди всех металлов (после железа) и первое – среди цветных металлов. Важнейшим физическим свойством алюминия, обусловившим его применение практически во *всех* отраслях экономики, является *низкая плотность* (он в три раза легче железа). Кроме этого алюминий обладает высокой тепло- и электропроводностью, хорошей коррозионной стойкостью и большой пластичностью.

В зависимости от количества примесей выпускают алюминий *особой чистоты* (не более 0,001 % примесей), *высокой чистоты* (до 0,05 % примесей) и *технической чистоты* (до 1 % примесей). Самый массово потребляемый алюминий технической чистоты поставляется в виде проката (листов, прутков, профилей), проволоки и, благодаря своей высокой пластичности, даже в виде *фольги* – ленты толщиной от *одного микрометра (!)* до 0,2 мм.

Наиболее широкое применение алюминий за счет высокой электропроводности получил в электротехнической промышленности. Большая теплопроводность позволяет использовать его в качестве материала теплообменных аппаратов, а хорошая коррозионная стойкость – применять алюминий в пищевой, химической, автомобильной и судостроительной промышленности. Благодаря использованию алюминия в авиации и космонавтике он получил название «крылатый металл». Но *применение алюминия как конструкционного материала ограничено его **низкой прочностью***, поэтому существующие сплавы на основе алюминия имеют целью устранить данный недостаток.

По технологическому признаку алюминиевые сплавы подразделяют на *деформируемые* (заготовки получают методами холодной и горячей пластической деформации) и *литейные* (заготовки – отливки). Наиболее многочисленными являются первые, которые, в свою очередь, делятся на *упрочняемые* и *не упрочняемые* термической обработкой. Существует *три группы деформируемых* алюминиевых сплавов, *упрочняемых* термообработкой – *дуралюмины*, *сплавы дляковки и штамповки*, а также *высокопрочные сплавы*.

Дуралюмины – это сплавы алюминия с медью и магнием. Имеют наиболее широкое применение из *всех* алюминиевых сплавов, поскольку со-

четают в себе твердость и прочность на уровне *низкоуглеродистых* сталей с малым удельным весом. Именно поэтому используются для изготовления деталей машин и элементов конструкций, к которым предъявляются повышенные требования по массе – это фюзеляжи самолетов, кузова автомобилей, палубные надстройки судов, оконные рамы и т.д. Кроме того дуралюмины обладают высокой коррозионной стойкостью, поэтому из них делают детали бензобаков, масло- и бензонасосов. При этом дуралюмины имеют высокую пластичность и хорошую свариваемость. Маркируются *заглавной русской буквой «Д», означающей «алюминиевый сплав типа дуралюмин», после которой следует номер сплава по ГОСТу*, соответствующий дуралюмину конкретного химического состава и гарантируемых механических свойств. Всего дуралюминов четыре марки – Д1, Д16, Д18 и Д19.

Алюминиевые сплавы дляковки и штамповки обладают повышенной пластичностью при температурах деформирования до 450°C , что позволяет использовать их для получения кованных и штампованных заготовок сложной формы. Имеют большее число легирующих компонентов, чем дуралюмины. Маркируются *заглавными русскими буквами «АК», означающими «алюминиевый ковочный сплав», и его номером по ГОСТу*, несущим ту же информацию, что и номер в марке дуралюмина (см. выше). Этих сплавов всего три – АК4, АК6 и АК8.

Высокопрочные алюминиевые сплавы имеют предел прочности до 700 Мпа, что соответствует прочности уже не низко-, а *среднеуглеродистой* стали, но меньшую, чем у дуралюминов пластичность. Данное сочетание механических свойств также обеспечивается соответствующей схемой легирования. Применяются для изготовления ответственных тяжело нагруженных деталей фюзеляжа самолетов – лонжеронов, тяг и т.д. Маркируются *заглавной русской буквой «В», означающей «высокопрочный алюминиевый сплав», и его номером по ГОСТу*, указывающим на соответствующий химический состав и комплекс механических свойств этого сплава. Высокопрочных алюминиевых сплавов тоже всего три – В92, В93 и В95.

Деформируемыми алюминиевыми сплавами, не упрочняемыми термической обработкой, являются сплавы алюминия с магнием, а также сплав алюминия с марганцем. Упрочняются эти сплавы только холодной пластической деформацией. По прочности и коррозионной стойкости сплавы алюминия с магнием и марганцем превосходят чистый алюминий, поэтому их применяют для изготовления средненагруженных элементов конструкций и сооружений, требующих высокого сопротивления коррозии – трубопроводы, емкости для бензина и масла, мачты речных и морских судов, рамы и кузова железнодорожных вагонов и т.д. Маркируются *русскими буквами «АМг» и «АМц», обозначающими алюминий, магний и марганец соответственно, и числом, показывающим содержание двух последних в процентах* (например, сплав марки АМг2 содержит 2 % магния и 98 % алюминия). Интервал марок сплавов алюминия с магнием – от АМг0,5 до АМг6 через каждые 0,5 %. Сплав алюминия с марганцем всего один – марки АМц (около процента марганца, остальное – алюминий).

Наиболее широко применяемыми *литейными* алюминиевыми сплавами являются *силумины* – сплавы алюминия с кремнием. После термической обработки имеют такую же прочность, как их основные конкуренты – чугуны – которым уступают в экономичности производства (стоимость силуминов в несколько раз выше). Преимущество же их, как и у всех сплавов на основе алюминия – малый удельный вес. Применяются для изготовления ответственных деталей двигателей внутреннего сгорания (блоков цилиндров, поршней, головок блоков), а также корпусов механизмов и приборов, работающих в сложных условиях – с высокими нагрузками, при повышенных и пониженных температурах, в агрессивных средах. *Маркируются заглавными русскими буквами «АК», обозначающими алюминий и кремний соответственно, и числом, показывающим среднее содержание последнего в процентах.* Так, состав силумина марки АК13 – это 13 % кремния и 87 % алюминия. Всего по ГОСТу существует шесть марок силуминов – АК5, АК7, АК9, АК10, АК12 и АК13. Добавим, что для придания этим сплавам каких-либо специальных свойств – жаропрочности, коррозионной стойкости и других – они могут легироваться медью и цинком. В этом случае марка силумина включает буквы «М» или «Ц» соответственно и число, показывающее среднее содержание легирующего компонента в процентах (аналогично маркировке сталей, см. подраздел 3.2.1). Например, легированный силумин марки АК5М7 содержит 5 % кремния, 7 % меди, остальное – алюминий.

Магний и его сплавы

Магний – самый легкий из промышленных металлов (если алюминий легче железа в три раза (см. выше), то магний – в четыре с половиной). Имеет низкую прочность и пластичность, при повышении температуры интенсивно окисляется и даже самовоспламеняется. Это исключает применение чистого магния в качестве конструкционного материала. Технический магний применяется лишь в химическом производстве для пиротехнических целей, а также в металлургии как *раскислитель* при выплавке стали (см. подраздел 3.2.1) и как *модификатор* при получении высокопрочных чугунов (см. подраздел 3.2.2). Выпускается *трех марок* – Мг90, Мг95 и Мг96 (магния соответственно не менее 99,90, 99,95 и 99,96 %) в виде слитков, проката и порошка.

Легирующими компонентами магниевых сплавов являются *алюминий, марганец и цинк*, а также некоторые *редкие* металлы. Эти сплавы имеют высокую прочность и пластичность, хорошо свариваются и обрабатываются резанием, являются коррозионностойкими и жаропрочными. *Два уникальных качества магниевых сплавов* – способность гасить вибрацию и малый удельный вес – в совокупности с выше перечисленными их механическими, технологическими и эксплуатационными свойствами обусловили широкое использование этих сплавов в автомобиле-, судо-, самолето-, и ракетостроении.

Магниевые сплавы, так же, как и алюминиевые, по *технологическому признаку* подразделяются на *деформируемые* и *литейные*. Ещё одна общая черта – *деформируемые* магниевые сплавы, как и алюминиевые, делятся на *упрочняемые* и *не упрочняемые* термической обработкой. *Деформируемые магниевые сплавы маркируются заглавными русскими буквами «МА», озна-*

чающими «магние­вый сплав деформируе­мый», и числом, указы­вающим на поряд­ковый номер сплава по стандарту или по техни­ческим условиям. Интервал марок деформируемых магниевых сплавов – от МА1 до МА19 через единицу. **Литейные** магниевые сплавы маркируются заглавными русскими буквами «МЛ», означающими «маг­ниевый сплав литейный», и числом, имеющим тот же смысл, что и выше. Интервал марок литейных магниевых сплавов – от МЛ2 до МЛ19 также через единицу.

Титан и его сплавы

Титан – легкий, тугоплавкий, прочный и в то же время пластичный металл. По коррозионной стойкости превосходит даже нержавеющие стали. Сочетание этих физических, механических, технологических и эксплуатационных свойств делают титан широко применяемым в химической промышленности для изготовления деталей, работающих в агрессивных средах, в медицине и т.д. *Экономическим* преимуществом титана является его распространенность в земной коре – по ней он занимает четвертое место после алюминия, железа и магния. В природе его больше, чем таких давно и широко применяемых металлов, как медь, свинец, олово, цинк, никель, серебро, золото и платина вместе взятых. Промышленные *марки технического титана* – ВТ1-00 (99,53 % титана) и ВТ1-0 (99,48 % титана).

Сплавы титана с *алюминием, хромом, молибденом* и другими легирующими компонентами имеют *соотношение прочности и плотности* лучше, чем легированные стали, поэтому их широко применяют в самолето- и ракетостроении. Благодаря *высокой жаропрочности, хладостойкости и коррозионной стойкости* эти сплавы используются также в химической промышленности, металлургическом машиностроении, при строительстве морских судов, а также в производстве автомобильного и железнодорожного транспорта.

Аналогично алюминиевым и магниевым сплавам, титановые сплавы по *технологическому признаку* подразделяются на **деформируемые** и **литейные**. Первые *маркируются заглавными русскими буквами «ВТ»*, означающими «сплав титановый высокой чистоты», и *порядковым номером этого сплава по ГОСТу*. С ростом номера сплава растет его прочность. Всего существует *восемь марок деформируемых титановых сплавов* – ВТ4, ВТ5, ВТ6, ВТ8, ВТ9, ВТ14, ВТ20 и ВТ22. В *марку литейного титанового сплава* после его номера по стандарту или по техническим условиям добавляется *заглавная русская буква «Л»*. Литейные титановые сплавы имеют иную, нежели деформируемые, схему легирования, обладают меньшей прочностью, но вместе с тем хорошей жидкотекучестью и высокой плотностью отливок. Таких сплавов *пять* – это *марки ВТ5Л, ВТ6Л, ВТ9Л, ВТ20Л и ВТ40Л*.

Никель и его сплавы

Никель – основа большинства *жаропрочных и жаростойких* сплавов, применяемых в аэрокосмической промышленности, таких как *нихром, монель, пермаллой, инвар* и другие. Декоративные блестящие коррозионностойкие материалы на основе никеля – это *мельхиор и нейзильбер*. Из сплава *никеля с медью и цинком* чеканится монета (в США монета достоинством в 5 цен-

тов носит бытовое название «никель»). Гальваническое осаждение никеля на поверхности металлических деталей (*никелирование*) позволяет дешево и в то же время эффективно защищать их от коррозии. Никель применяется для производства электрических аккумуляторов, при изготовлении брекетов в стоматологии и т.д.

Цинк и его сплавы

Две трети всего добываемого из полиметаллических руд *цинка* используется в качестве *легирующего компонента* при получении **сплавов черных** (стали и чугуны) **и цветных** (латуни, бронзы, силумины и др.) **металлов**. Кроме того цинк служит основой антикоррозионного покрытия преимущественно железных (*оцинкованных*) изделий, материалом для изготовления электродов батареек и аккумуляторов, применяется в медицине как антисептическое и противовоспалительное средство (*цинковая мазь*) и используется для производства красок (*цинковых белил*).

Инструментальные сплавы цветных металлов

Экономическая целесообразность существования данной группы материалов – казалось бы, зачем они нужны, если есть столько разновидностей инструментальных сталей (см. подраздел 3.2.1) – объясняется следующим:

- инструментальные сплавы цветных металлов обеспечивают **повышение производительности механической обработки до 5 раз** по сравнению с инструментальными сталями. Для сравнения – если быстрорежущие стали сохраняют свои эксплуатационные свойства при температурах до 600°C (там же), то эти сплавы – до 1 200 градусов;
- будучи *более дорогими*, чем инструментальные стали в силу более сложного химического состава, инструментальные сплавы цветных металлов, тем не менее, **высокоэкономичны в производстве**, поскольку изготавливаются в виде *готовых* рабочих частей режущего и штампового инструмента нужной конфигурации методами порошковой металлургии. Эти рабочие части *не нуждаются* в последующей механической обработке и поэтому сразу крепятся к телу инструмента (например, к державке резца или к бойку ковочной машины) либо неразъемным (пайкой), либо разъемным (винтами) соединением.

Добавим, что *сплавами такие материалы можно называть лишь условно*, поскольку при их получении *расплавления* входящих в химический состав инструментальных якобы «сплавов» цветных металлов и их соединений **не происходит** ввиду присущей последним очень высокой температуры плавления. Состоят эти материалы из *спеченной при температуре до 1 750°C механической смеси металлических порошков*, одни из которых выполняют роль *матрицы*, а другие – функции *наполнителя*, поэтому уместнее было бы отнести данные инструментальные материалы к *композитам* (см. раздел 3.1).

Инструментальные сплавы цветных металлов объединены в *две группы* – **твердые сплавы** и **режущая керамика**. В первых *матрицей* являются очень твердые **карбиды цветных металлов**, а *наполнителем (связкой)* – гораздо менее твердый, но зато пластичный тоже цветной металл **кобальт**. В

зависимости от того, карбиды **каких** цветных металлов образуют основу (матрицу) твердых сплавов, они делятся следующим образом:

- **вольфрамовые.** Маркируются заглавными русскими буквами «ВК», указывающими на состав твердого сплава – карбид вольфрама WC и чистый кобальт Co соответственно – и числом, показывающим содержание последнего в процентах. Например, вольфрамовый твердый сплав марки $ВК8$ состоит из 8 % кобальта и 92 % карбида вольфрама;
- **титановольфрамовые.** Маркировка начинается с заглавной русской буквы «Т», означающей «карбид титана TiC », затем идет число, показывающее его содержание в процентах, далее следует заглавная русская буква «К», означающая «кобальт», и число, показывающее его содержание в процентах. Содержание второго компонента основы – карбида вольфрама – находится расчетом. Например, титановольфрамовый твердый сплав марки $T15K6$ состоит из 15 % карбида титана, 6 % кобальта и $100 - 15 - 6 = 79$ % карбида вольфрама;
- **титанотанталовольфрамовые.** Маркировка начинается с заглавных русских букв «ТТ», означающих «карбид титана и карбид тантала TaC », затем идет число, показывающее суммарное содержание этих карбидов в процентах, далее следуют буква «К» и число после неё, несущие ту же информацию, что и в предыдущей маркировке. Например, титанотанталовольфрамовый твердый сплав марки $ТТ7К12$ состоит из 4 % карбида титана, 3 % карбида тантала, 12 % кобальта и $100 - 7 - 12 = 81$ % карбида вольфрама.

Чем сложнее химический состав карбидной основы (матрицы) твердого сплава, тем более трудно поддающиеся резанию материалы позволяет он обрабатывать.

Режущая керамика отличается от твердых сплавов тем, что не содержит металла-связки, а только твердые компоненты – **карбиды, оксиды и нитриды цветных металлов**. Благодаря этому, режущий инструмент, оснащенный рабочими частями из режущей керамики, в два раза производительнее инструмента с твердыми сплавами.

Баббиты

Баббиты – это легкоплавкие сплавы, применяемые для изготовления вкладышей подшипников скольжения. Материал вкладышей должен обладать двумя взаимоисключающими друг друга эксплуатационными свойствами – **достаточной износостойкостью**, которая обеспечивается **высокой твердостью**, и **хорошей прирабатываемостью (истираемостью)**, достигаемой за счет, наоборот, **низкой твердости**. Баббиты позволяют **совместить** эти требования-антиподы, благодаря своей особой структуре, имеющей **твердую (включения) и мягкую (основа) фазы**. После непродолжительной работы (приработки) происходит износ мягкой фазы, и на поверхность материала вкладыша выступают твердые включения, обеспечивающие его требуемую износостойкость. А поскольку включения расположены редко, в пустотах между ними хорошо удерживается смазка.

Основными видами баббитов являются *оловянные* и *свинцовые*. Роль мягкой фазы в них играют, соответственно, легкоплавкие цветные металлы олово и свинец, а роль твердой – сурьма. Те и другие *маркируются заглавной русской буквой «Б», означающей «баббит», и числом, показывающим содержание олова в процентах.* Наиболее распространенными оловянными баббитами являются баббиты *марок Б83 и Б88* (олова 83 и 88 % соответственно, остальное – сурьма и примеси), а свинцовыми – баббиты *марок Б6 и Б16* (олова 6 и 16 % соответственно, остальное – свинец (основа), сурьма примерно в таком же количестве, что и в оловянных баббитах, а также примеси). Оловянные баббиты *более дорогие*, поэтому их применяют для изготовления вкладышей *более тяжело нагруженных* подшипников скольжения.

3.3. Химическая продукция

Принципиально иное назначение продуктов химической промышленности – *использование практически всех этих продуктов (кроме пластмасс, химических волокон, каучуков и резин, см. ниже) в качестве готовой продукции производственного и/или потребительского назначения*, а не в качестве конструкционных материалов. Колоссальный ассортимент химической продукции, согласно общероссийскому классификатору, объединен в 7 классов, каждый из которых, в свою очередь, делится на её *группы и виды*:

- *продукция неорганической химии* (кислоты, щелочи, соли и др.), *горно-химическое сырье* (фосфориты, апатиты, поваренная соль и др.), а также *минеральные удобрения*;
- *полимеры, пластмассы, химические волокна, каучуки и резины*;
- *нефтепродукты* (бензины, керосины, дизельные топлива, смазочные масла, пластичные смазки, битумы и др.);
- *лакокрасочные материалы, кино- и фотоматериалы, материалы бытовой химии*;
- *продукция органического синтеза* (спирты, органические кислоты и красители, ацетон, фенол и др.), *коксо- и лесохимическая продукция*;
- *медикаменты и химико-фармацевтическая продукция*;
- *химические реактивы и высокочистые вещества*.

Не все, а только *потребляемые в больших количествах и потому экономически наиболее значимые* группы и виды химической продукции рассмотрим в данном разделе.

Производство неорганической химии

Включает 22 вида *неорганических кислот*, из которых наиболее массово потребляемыми являются *серная, азотная, соляная и фосфорная* кислоты. В наибольших количествах производится *серная кислота H_2SO_4* , применяемая для получения других кислот (в частности, тех же соляной и фосфорной), при производстве минеральных удобрений и искусственного шелка, для очистки нефтепродуктов от примесей. *Азотная кислота HNO_3* применяется при производстве одноименных минеральных удобрений, взрывчатых ве-

ществ, полупроводниковых материалов и синтетических красителей, а также в гальванотехнике и в полиграфии. *Соляная кислота HCl* используется для получения хлористых солей цветных и благородных металлов, как продуктов химического обогащения (см. раздел 2.1), при производстве различных органических соединений, для изготовления активированного угля, при дублении и крашении кожи и т.д. Наконец, *фосфорная кислота H₃PO₄* используется при производстве тоже одноименных удобрений и фосфорнокислых солей цветных металлов, в процессах органического синтеза (см. выше), для изготовления спичек, а также в пищевой промышленности.

Щелочи (содовые продукты) – это гидроксиды и углекислые соли щелочных металлов. В наибольших масштабах производятся и потребляются *каустическая, кальцинированная и пищевая сода*. *Каустическую соду (едкий натр, гидроксид натрия NaOH)* получают электролизом раствора поваренной соли. Используется для производства искусственных химических волокон, мыла и синтетических красителей, а также в металлургической и в текстильной промышленности. *Кальцинированная сода Na₂CO₃* применяется в производстве едкого натра и стекла, а также в текстильной, целлюлозно-бумажной, лакокрасочной, кожевенной и других отраслях промышленности. *Пищевая сода (гидрокарбонат натрия NaHCO₃)* является промежуточным продуктом при получении кальцинированной соды. Используется при органическом синтезе, в пищевой промышленности, в медицине и в быту.

Минеральные удобрения

По своему основному полезному компоненту подразделяются на *азотные, фосфорные и калийные*. По степени уменьшения содержания этого компонента, т.е. по мере снижения эффективности своего использования, *азотные удобрения* выглядят следующим образом:

- *безводный аммиак* – 82,3 % азота;
- *карбамид (мочевина)* – 46,6 % азота;
- *аммиачная селитра (нитрат аммония)* – 34,5 % азота;
- *сульфат аммония* – 20,8 % азота.

Фосфор усваивается растениями в виде своего оксида P₂O₅, поэтому аналогичная совокупность *фосфорных удобрений*:

- *двойной суперфосфат* – 44–52 % оксида фосфора;
- *преципитат* – 32–40 % оксида фосфора;
- *фосфоритная мука* – 18–26 % оксида фосфора.

Из *калийных удобрений* наиболее распространен *хлористый калий* (основного полезного компонента – оксида калия K₂O – не менее 60 %).

Широко применяются **комплексные минеральные удобрения** с разным, в зависимости от условий тех или иных почвенно-климатических зон, соотношением содержания основных полезных компонентов – азота N, а также оксидов фосфора P₂O₅ и калия K₂O.

Полимеры

Полимерами называют вещества, представляющие собой длинные цепные молекулы (*макромолекулы*), которые, в свою очередь, состоят из многочисленных последовательно соединенных звеньев (*молекул-мономеров*)

одинакового строения. Мономеры же состоят из атомов, соединенных между собой довольно прочными ковалентными связями, т.е. связями *электромагнитной* природы. В макромолекулы мономеры «связаны» также ковалентными связями, а вот между макромолекулами действуют значительно более слабые, по сравнению с ковалентными, связи *электростатического* характера. Именно такая сложная структура строения полимеров позволяет иметь большие возможности её изменения с целью придания промышленным материалам, основой которых они являются (см. ниже), разнообразнейших механических, технологических и эксплуатационных свойств.

Полимеры классифицируются по *составу* и по *происхождению*. По составу все полимеры делятся на *органические, неорганические и смешанные*. *Органические полимеры* (белки, крахмал, целлюлоза и др.), составляющие наиболее обширную группу соединений, состоят из атомов углерода, водорода, серы и галогенов. *Неорганические полимеры* (силикатное стекло, керамика, асбест и др.) не содержат атомов углерода, их мономеры состоят из атомов кремния и цветных металлов. Мономеры *смешанных полимеров* содержат атомы и органических, и неорганических веществ.

По *происхождению* различают *природные, искусственные и синтетические* полимеры. *Природные полимеры* образуются в результате жизнедеятельности растений и животных, в силу чего содержатся в хлопке, древесине, шерсти или коже соответственно – это протеин, крахмал, целлюлоза, шеллак, лигнин, латекс. Отметим, что названия природных высокомолекулярных соединений *никак не связаны* с названием того низкомолекулярного соединения (мономера), который образует их макромолекулы.

Природные полимеры, прошедшие переработку в виде их выделения из исходного сырья, очистки или модификации, называются *искусственными*. Структура макромолекул искусственных полимеров в результате *не изменяется*, но получаемый продукт может быть *другим*. Так, модификацией латекса получают искусственный полимер в виде натурального каучука, а переработкой целлюлозы – целлофан, целлулоид, ацетатное волокно и др.

Природные и искусственные полимеры сыграли большую роль в развитии экономики, а в некоторых её отраслях остаются незаменимыми видами сырья и до сих пор, как, например, целлюлоза в бумагоделательной промышленности или крахмал в пищевой. Но *подавляющее большинство производимых и потребляемых современной промышленностью полимеров составляют полимеры синтетические – не существующие в природе вещества*, макромолекулы которых получают *синтезом из существующих* низкомолекулярных соединений (мономеров).

Аналогично сталям (см. подраздел 3.2.1), синтетические полимеры используются как конструкционные (функциональные) материалы с особыми *эксплуатационными* свойствами – такими как малая плотность (в 4–8 раз меньше той же стали) или хорошая электро-, тепло-, звукоизоляция. Ограничениями же их использования в данном качестве являются, во-первых, значительно более низкая, чем у металлических конструкционных материалов, *механическая прочность*, и, во-вторых, подверженность *старению* – спон-

танному изменению всех своих свойств с течением времени. И также подобно тому, как *наиболее простая* по химическому составу, углеродистая сталь служит *основой* для получения *более сложных* (легированных) сталей самого разного назначения, *преимущественно синтетические, но также и искусственные полимеры служат исходным материалом* для получения широкого круга химической продукции – пластмасс, химических волокон, каучуков, резин, клеев, лаков и т.д.

Пластмассы

Это *наиболее распространенные* конструкционные материалы на основе *синтетических полимеров*. Могут быть *одно- и многокомпонентными*. Состав *однокомпонентных пластмасс* представлен только *самим этим полимером – основой, связующим*. В состав *многокомпонентных пластмасс* помимо полимера (основы, связующего) могут входить *добавки* следующего названия и назначения:

- *наполнители* улучшают технологические и механические свойства пластмасс, а также придают им нужные специальные эксплуатационные свойства;
- *пластификаторы* повышают склонность пластмасс к формообразованию обработкой давлением;
- *отвердители* ускоряют переход пластмасс из жидкого или вязкотекучего состояния в твердое;
- *красители* (назначение понятно из названия добавки).

В зависимости от типа поведения связующего при нагревании пластмассы (полимеры) делятся на *термопластичные (термопласты)* и *терморективные (реактопласты)*. Первые способны при нагревании переходить из твердого состояния в вязкотекучее, *не изменяя* при этом своей структуры. Благодаря последней особенности, при охлаждении термопласты снова становятся твердыми, *сохраняя свои свойства*. Поэтому заготовки деталей и элементов машин и конструкций из термопластичных пластмасс получают методами горячей обработки давлением (прессованием, экструзией, выдуванием), а также литьем под давлением. Полученные заготовки могут подвергаться механической обработке, свариваться и склеиваться.

Виды, свойства и области применения термопластов приведены в таблице 3.1. Обращаем внимание на этимологию – термопластичные пластмассы называют по имени *молекулы-мономера* (этилена, пропилена, стирола и др.) добавлением к нему приставки «поли».

Терморективные пластмассы в отличие от термопластов, могут нагреваться *только один раз* – при *получении* заготовок деталей и элементов машин и конструкций теми же методами, что и термопласты (см. выше) из исходной смеси полимера (основы, связующего) и добавок (там же) в виде гранул или порошков. Заготовки из реактопластов и детали из них нельзя соответственно обрабатывать и эксплуатировать выше определенной температуры, поскольку при ней они плавятся или обугливаются, *необратимо теряя* свою исходную структуру и свойства. Такое свойство терморективных пластмасс обусловлено тем, что их основой (связующим) всегда являются

Таблица 3.1

Виды, свойства и области применения термопластичных пластмасс

Виды (подвиды) термопластов	Их механические, технологические и эксплуатационные свойства	Области применения
Полиэтилен	Достаточная прочность, высокая пластичность, хорошая теплостойкость и химическая стойкость, высокие диэлектрические свойства, нетоксичен	Детали, контактирующие с водой (ёмкости, трубы, вентили), упаковочный материал (пленка), нейлошащая посуда, электроизолирующий материал
Полипропилен	Более высокие, чем у полиэтилена, механические свойства, низкая упругость, высокая химическая стойкость, нетоксичен, низкая хладостойкость	Упаковочная пленка, более прочная и менее газопроницаемая, чем полиэтиленовая, тара, шумо-, вибро-, электроизолирующие строительные материалы
Полиэтрафторэтилен (фторопласт)	Повышенная плотность и твердость, низкая пластичность, высокая теплостойкость, высокая химическая стойкость, высокие диэлектрические и антифрикционные свойства, токсичен при повышенной рабочей температуре	Детали электро- и радиотехнического оборудования, детали уплотнительных устройств (прокладки и мембраны), детали узлов трения скольжения, детали коррозионностойких конструкций, трубы, шланги, пленки и др.
Полистирол	Высокая твердость, низкая упругость, хорошая химическая стойкость, стойкость к ионизирующему излучению, склонность к старению и к образованию трещин	Детали машин и элементы конструкций повышенной жесткости, конструкционный материал, применяемый в строительстве, в пищевой промышленности и на транспорте
Поливинилхлорид	Высокая прочность и упругость, нетоксичий и химически стойкий материал, хорошие диэлектрические свойства, склонность к старению, малый интервал рабочих температур	Защитные покрытия металлических емкостей, облицовочная плитка, изоляция проводов и кабелей, трубы для транспортировки воды и агрессивных жидкостей, материал для получения линолеума и искусственной кожи
Полиамиды (капрон, нейлон, лавсан)	Высокая ударная вязкость, хорошие антифрикционные свойства, виброгасящие качества, гигроскопичность, склонность к старению	Волокна, нити и пленки, применяемые для изготовления корда, канатов, автопокрышек и одежды, антифрикционные покрытия металлов, электротехническая промышленность
Полиуретаны	По свойствам близки к полиамамидам, плюс химическая стойкость к действию кислот, масел и воды	Те же области применения, что и у полиамидов, плюс химическая и обувная промышленность

Примечание: Общим недостатком всех термопластов является изменение размеров изготовленных из них деталей и элементов при длительном действии приложенной нагрузки вследствие релаксационных процессов, происходящих в структуре материала.

одни и те же (в отличие от термопластов, см. табл. 3.1) *термореактивные полимеры – смолы* (фенолформальдегидная, эпоксидная и др.). Отсюда еще одна разница между термопластичными и термореактивными пластмассами – если различия в свойствах первых обусловлены *видом полимера (основы, связующего, там же)*, то свойства вторых определяются *видом наполнителя*. Из этого следует, что *термопласты – это всегда пластмассы однокомпонентные, а реактопласты – многокомпонентные*.

В зависимости от *геометрической формы частиц наполнителя и его материала* различают, соответственно, *виды и подвиды термореактивных пластмасс* (таблица 3.2):

Таблица 3.2

Виды и подвиды реактопластов

Вид	Подвид (название)	Наполнитель
Пластмассы с порошковым наполнителем	Порошковые термореактивные пластмассы	Порошок целлюлозы, древесная и слюдяная мука, молотый кварц, тальк, графит, сажа
Пластмассы с волокнистым наполнителем	Волокнит	Хлопковые нити
	Асболокнит	Асбестовые нити
	Стекловолокнит	Стекланные нити
Пластмассы со слоистым наполнителем	Гетинакс	Бумага
	Текстолит	Хлопчатобумажная ткань
	Асботекстолит	Асбестовая ткань
	Стеклотекстолит	Стеклоткань
	Древесно-слоистый пластик	Листы древесного шпона

Отметим, что древесно-слоистый пластик (см. табл. 3.2) и всем известная древесно-стружечная плита – это не одно и то же. Последняя представляет собой *листовой композиционный материал*, в котором основой (*матрицей*, см. раздел 3.5) выступает та же термореактивная (фенолформальдегидная) смола, а наполнителем (*армирующим компонентом*, там же) – древесная стружка. Для подчеркивания этого различия в промышленности марки древесно-слоистых пластиков обозначают аббревиатурой ДСП, а марки древесно-стружечных плит – аббревиатурой ДСтП.

Виды, свойства и области применения термореактивных пластмасс приведены в таблице 3.3.

Существует еще одна подгруппа пластмасс, у которых наполнителем является *воздух*. Такие *газонаполненные пластмассы* состоят из ячеек или пор, стенки которых образованы той или иной основой (термопластом или реактопластом, см. выше), что обеспечивает их низкую плотность, а также высокие тепло- и звукоизоляционные свойства.

Газонаполненные пластмассы делятся на *пенопласты и поропласты*. **Пенопласты** – это материалы с *замкнутой* (изолированной от внешней среды) пористой структурой. Применяются в качестве теплоизоляционного материала в криогенной технике, при прокладке труб, а также для изготовления

Таблица 3.3

Виды, свойства и области применения реактопластов

Виды (подвиды) термо-реактивных пластмасс	Их механические, технологические и эксплуатационные свойства	Области применения
Порошковые терморек-тивные пластмассы	Невысокие механические свойства, хорошая водостойкость и химическая стойкость, высокие электро-изоляционные свойства	Ненагруженные и изолирующие детали электротехниче-ского оборудования, восстановление изношенных дета-лей, заполнение литейных раковин эпоксидной смолой
Волокнит	Более высокие, чем у порошковых реактопластов, ме-ханические свойства, повышенная ударная вязкость, анизотропен, нетороч, химически и терлостоек, большой интервал рабочих температур	Детали машин общетехнического назначения – втулки, маховики, шкивы, фланцы, диски, кожухи, ответственно-ные элементы внутренних (не находящихся на открытом воздухе) конструкций
Асбоволокнит	Превосходит волокнит по всем его свойствам (см. выше), плюс высокие фрикционные качества	Детали тормозных и фрикционных устройств, среднена-груженные детали машин и элементы конструкций
Стекловолокнит	Превосходит асбоволокнит по всем его свойствам (см. выше), плюс высокое сопротивление вибрацион-ным и знакопеременным нагрузкам	Детали фюзеляжа летательных аппаратов, ответственные и высоконагруженные детали машин и элементов кон-струкций
Гетинакс	Невысокие механические свойства, устойчи-вость к действию растворителей	Листовой материал для внутренней отделки транспорт-ных средств – железнодорожных вагонов, каят и др.
Текстолит	Превосходит гетинакс по прочности, плюс хорошие виброгасящие, электроизолирующие и антифрикци-онные свойства	Корпусные детали и детали подшипников скольжения, зубчатые колеса, печатные платы, электроизолирующий материал
Асботекстолит	Превосходит текстолит по прочности, плюс высокие фрикционные и теплоизолирующие свойства, жаро-прочность	Детали тормозных и фрикционных устройств, теплоизо-лирующий строительный материал, детали роторов тур-богенераторов
Стеклотекстолит	Превосходит асботекстолит по прочности, плюс вы-сокие тепло- и электроизоляционные свойства	Самолето-, ракето- и судостроение, радио- и электротех-ническая аппаратура
Древесно-слоистый пластик	Невысокие механические свойства, анизотропность, невысокая (но выше, чем у простой древесины) хими-ческая стойкость, высокое влагопоглощение (разбу-хает от влаги), жаропрочность, хорошие антифрикци-онные свойства	Зубчатые колеса, вкладыши подшипников скольжения, детали машин текстильной промышленности, детали авиационной техники, детали электротехнических устройств, строительный материал для внутренней от-делки помещений

труднозатопляемых изделий (буев, боновых ограждений, спасательных жилетов и др.). Наиболее распространенными *термопластичными* пенопластами являются *пенополистирол* и *пенополивинилхлорид*.

Поропласты – это материалы с *открытой* пористой структурой предназначенные для поглощения жидкостей. Водопоглощение некоторых поропластов составляет до 700 % от их объема за два часа. Используются они, в частности, для сбора разлитой по поверхности воды нефти.

Химические волокна

Химические волокна представляют собой тонкие, гибкие нити, получаемые продавливанием через фильеру находящегося в вязкотекучем состоянии полимера. В зависимости от *происхождения* последнего химические волокна делятся на *искусственные* и *синтетические*, получаемые выше описанным способом из *одноименных* (см. выше) полимеров (таблица 3.4):

Таблица 3.4

Виды и подвиды химических волокон

Виды химических волокон	Исходный полимер	Подвиды (названия) химических волокон
Искусственные	Вискоза (полимер на основе целлюлозы)	Вискозное волокно
	Ацетаты целлюлозы	Ацетатные волокна
Синтетические	Полиамиды	Полиамидные волокна (капрон, нейлон)
	Полиэфир	Полиэфирные волокна (лавсан)
	Полиакрилонитрил	Полиакрилонитрильное волокно (нитрон)

Химические волокна – не заменители волокон натуральных (шерсти или хлопка, например), *а конструкционные материалы с конкретными функциональными свойствами*, определяемыми технологическим прогрессом. Этими свойствами *не обладают натуральные волокна*, поэтому решается данная задача созданием и производством как раз химических волокон с наперед заданными эксплуатационными характеристиками. Преимущество химических волокон еще и в том, что производятся они из дешевого, доступного и практически неограниченного по запасам *минерального сырья* (продуктов переработки нефти, газа, угля и древесины), тогда как *растительное и животное сырье* – источник получения натуральных волокон – по определению дорогое и дефицитное (см. раздел 2.1). Наконец, производство химических волокон требует гораздо меньших затрат, чем производство волокон натуральных. Так, текущие затраты на производство нитрона (см. табл. 3.4) в 155 раз (!) ниже, чем на производство натурального шелка. В силу этого обстоятельства, в структуре производства *самых химических волокон* неуклонно *сокращается* доля *искусственных* волокон и пропорционально *увеличивается* доля волокон *синтетических* (сейчас соотношение примерно одна треть к двум).

Возможности и области применения наиболее распространенных искусственных и синтетических химических волокон приведены в таблице 3.5.

Свойства и области применения химических волокон

Волокно	Преимущества и недостатки	Области применения
Вискозное	Преимущества: прочность, химическая стойкость, хорошая окрашиваемость, теплоустойчивость выше, чем у хлопка	Изготовление бельевых, трикотажных и подкладочных тканей, а также производство шинного корда и других изделий
	Недостатки: снижение прочности при намокании, подверженность гниению, сминаемость	
Ацетатное	Более высокая, чем у вискозного волокна, прочность, малая усадка, высокая эластичность, устойчивость к истиранию	Изготовление корда для автомобильных и авиационных шин, транспортерных лент, шлангов и рукавов, спецодежды
Полиамидное	Высокая прочность, как в сухом, так и в мокром состоянии, высокая эластичность, химическая и тепловая стойкость, стойкость к истиранию выше, чем у ацетатного волокна, стойкость к гниению, легко окрашивается и стирается	Изготовление корда для шин, изготовление сетей, канатов, производство фильтровальных и электроизоляционных материалов
Полиэфирное	Высокая прочность, как в сухом, так и в мокром состоянии, высокая эластичность, химическая и тепловая стойкость, несминаемость, высокая светостойкость, наименьшая из всех химических волокон трудоемкость изготовления	
Полиакрилонитрильное	Преимущества: высокая прочность, как в сухом, так и в мокром состоянии, высокая эластичность, по химической и тепловой стойкости, а также по свето- и атмосферостойкости превосходит все натуральные и химические волокна	Заменитель шерсти (похоже на неё по органолептическим показателям), изготовление изделий широкого потребления
	Недостатки: повышенная хрупкость, низкая устойчивость к истиранию, плохая окрашиваемость	

Каучуки и резины

Вместе с пластмассами и химическими волокнами *каучук и получаемая из него, как из исходного сырья, резина являются важнейшими неметаллическими конструкционными материалами*. Трудно назвать отрасль экономики, где не применялись бы изделия из каучука и резины. Так, 2/3 производимого каучука идет на изготовление *шин*, крупнейшими потребителями которых являются авиация, автомобильный транспорт, сельскохозяйственное и дорожное машиностроение. Технологический прогресс в различных отраслях экономики инициирует непрерывный рост потребления *резинотехнических изделий* как деталей современного промышленного оборудования и элементов производственной инфраструктуры – транспортерных и конвейерных лент, приводных ремней, фрикционных муфт, резиновых валов вариаторов, баков, трубопрово-

дов, шлангов, уплотнителей, электрической и гидравлической изоляции рабочей одежды и инструмента. Наконец, большое значение каучук имеет для производства дорожных одежд, герметиков, клеев, материалов для изготовления мягкой мебели и для проведения работ по гидроизоляции зданий и сооружений и т.д.

В зависимости от *происхождения* каучук делится на *натуральный* и *синтетический*. Натуральный каучук как *искусственный органический полимер* (см. выше), получают переработкой (модификацией) *природного полимера* – *латекса*, выделяемого из сока растений-каучуконосов, как из исходного сырья. Мономером натурального каучука и латекса является молекула естественного углеводорода – изопрена C_5H_6 . По аналогии с цветными металлами (см. подраздел 3.2.3) натуральный каучук по некоторым своим технологическим и эксплуатационным свойствам *не соответствует* требованиям, которые предъявляются к нему как к конструкционному материалу – он не стоек к воздействию масел и растворителей, а также *охрупчивается* (теряет пластичность) под воздействием кислорода, тепла и солнечных лучей. Кроме того, аналогично ситуации с искусственными химическими волокнами (см. выше), запасы *растительного сырья*, из которого изготавливается натуральный каучук, очень ограничены. Поэтому точно так же, как *сплавы* цветных металлов устраняют недостатки последних в части тех или иных технологических и эксплуатационных свойств (см. подраздел 3.2.3), так и присущие натуральному каучуку подобные ограничения компенсируются широким использованием *каучуков синтетических*.

Современная химическая промышленность выпускает более 30 видов синтетических каучуков. Их названия образованы названиями мономеров, синтезом которых получен тот или иной каучук – *изопреновый* (продукт синтеза *изопрена*) или *бутадиеновый* (продукт синтеза *бутадиена*). Есть каучуки, получаемые синтезом двух мономеров – *бутадиен-стирольный* (продукт совместного синтеза *бутадиена* и *стирола*) или *бутадиен-нитрильный* (продукт совместного синтеза *бутадиена* и *нитрила* (соли) *акриловой кислоты*). Синтетические каучуки эластичны, высокопрочны, износоустойчивы, негорючи, стойки к агрессивным средам и к температурным воздействиям. Кроме того, производятся они в сотни и даже в тысячи раз быстрее, чем натуральный каучук – его выработка в год на одного рабочего составляет 182 кг, тогда как аналогичный показатель для некоторых видов синтетических каучуков составляет 360 тонн (!). Их потребителями кроме шинной промышленности являются предприятия, производящие резино- и асботехнические изделия, искусственную кожу, строительные материалы, а также коженно-обувную, кабельную и бумажную продукцию.

Резинами называют группу неметаллических конструкционных материалов, обладающих таким уникальным механическим свойством как *исключительно высокая упругость (эластичность)*. Даже такой высокоэластичный материал как каучук по модулю упругости E (см. раздел 3.1) уступает резине в десятки раз, металлические же конструкционные материалы – еще больше (таблица 3.6). Отсюда – не менее уникальное *эксплуатационное* качество ре-

**Характеристики упругости и пластичности
конструкционных материалов**

Конструкционный материал	Стали	Чугуны	Сплавы цветных металлов	Резины
Модуль упругости E, МПа	200 000	100 000	140 000	1–10
Относительное удлинение δ , %	14–20	4–12	не более 25	до 800

зины – способность поглощать энергию внешней нагрузки за счет больших и практически полностью обратимых деформаций, т.е. её *амортизационная способность*.

Резины получают *вулканизацией* натуральных и синтетических каучуков – их нагревом под давлением в парах *серы*, которая химически присоединяясь к молекулам каучуков, меняет структуру этих молекул. С увеличением содержания серы увеличивается прочность и твердость резины, но снижается её эластичность. Самая твердая резина – *эбонит* – содержит до 45 % серы.

По назначению резины подразделяются на *резины общего назначения* и *специальные резины*. Первые являются мягкими, благодаря малому содержанию серы, поэтому имеют низкий модуль упругости и, как следствие, высокую эластичность. Из резин общего назначения изготавливают приводные ремни, транспортные ленты, рукава и шланги, велосипедные камеры и др.

Главным недостатком резин как конструкционного материала является их *подверженность различным видам старения* – химического, теплового, светового и т.д. – в результате которого происходит окисление резины и необратимое ухудшение её свойств, вплоть до разрушения. Для предотвращения этого в составе резин, во-первых, увеличивают содержание серы и, во-вторых, вводят в него *противостарители (антиоксиданты)*, препятствующие подобному негативному воздействию того или иного внешнего фактора. Такие резины являются *специальными* и называются они в соответствии с нейтрализуемым вредным воздействием – *маслобензостойкие, теплостойкие и светозоностойкие*. Кроме них к специальным резинам относятся *износостойкие и электротехнические* резины, причем последние могут быть и электроизоляционными, и электропроводящими.

Нефтепродукты

Переработкой нефти получают более 10 тысяч наименований продуктов. По объему потребления *наибольшую экономическую значимость* из них имеют *искусственное жидкое топливо* (карбюраторное, дизельное, котельное, реактивное), *смазочные масла* и *консистентные (пластичные) смазки*.

Карбюраторное топливо (бензины) предназначено для двигателей внутреннего сгорания с зажиганием от электрической искры. Основным показателем качества этого вида топлива является *детонационная стойкость, оцениваемая октановым числом* – процентным содержанием самого мало склонно-

го к детонации (взрыву) легкого (топливного) углеводорода *изооктана*. Качество бензина тем лучше, чем выше его октановое число. Автомобильные бензины имеют октановое число 72, 76, 93, 95 и 98, авиационные – 91, 95 и 100, тракторные – 40 и 45.

Дизельное топливо в двигателях внутреннего сгорания воспламеняется от контакта с нагретым за счет сжатия до температуры 550–600°С воздухом. Склонность дизельного топлива к воспламенению данным способом оценивается другим показателем качества, а именно, **цетановым числом**, характеризующим *время задержки* этого воспламенения. Чем выше цетановое число, тем меньше время задержки воспламенения дизельного топлива и тем выше его качество. Оптимальную работу современных двигателей обеспечивают дизельные топлива – *соляровые масла* – с цетановым числом от 45 до 55. При цетановом числе менее 40 из-за большого времени задержки воспламенения резко возрастает износ двигателя. При цетановом числе более 60 снижается полнота сгорания топлива и, как следствие, возрастает дымность выхлопных газов и увеличивается его расход.

Кроме выше указанных показателями качества карбюраторных и дизельных топлив всех марок являются строго регламентируемые *кислотность, щелочность*, а также *содержание серы и влаги*, поскольку все эти параметры топлива сокращают срок службы двигателя.

Котельное топливо используют в паровых котлах, в парогенераторных и котельных установках, в промышленных (например, в мартеновских) печах. К этому виду топлива относятся *мазуты* (продукты прямой перегонки нефти), *жидкие продукты переработки каменных углей и горючих сланцев*, а также *битумы и гудроны*.

Реактивное топливо применяется в реактивных и газотурбинных двигателях, получают его из нефти фракционной перегонкой. В основном это *керосины*, содержащие присадки, которые ускоряют отстаивание механических примесей после перегонки, а также усиливают смазывающее и ослабляют абразивное действие продуктов сгорания на детали двигателей.

Смазочные масла применяются во всех узлах машин и механизмов, имеющих движущиеся друг относительно друга детали. Получают масла перегонкой (*дистилляцией*, см. раздел 2.1) мазута в вакууме. **По назначению** смазочные масла делятся *на моторные, промышленные, турбинные, компрессорные, цилиндрические, трансмиссионные и др.*, а **по температуре застывания** – *на летние и зимние*. На основе смазочных масел готовят **несмазочные композиции (рабочие жидкости)**, предназначенные для передачи импульса давления в гидроприводах и в тормозных системах. Подобной несмазочной композицией является и тщательно очищенная узкая фракция некоторых масляных дистиллятов (продуктов перегонки) – *трансформаторное масло*, которое используется в электротехнике для заполнения трансформаторов, выключателей и реостатов в качестве диэлектрической и теплоотводящей среды.

Консистентные смазки получают добавлением к смазочным маслам **загустителей** – *мыла, церезина, сульфидов, силикатов*. Это улучшает их вязкостно-температурные свойства и делает пригодными к применению в тех

случаях, когда обычная жидкая смазка не может быть использована из-за особых условий работы или из-за конструктивных особенностей узла трения (вытекает). Как и смазочные масла, консистентные смазки *квалифицируются по назначению*. Так, *антифрикционные* консистентные смазки применяют для уменьшения трения и износа, *защитные* – для предохранения металлических деталей от коррозии, *уплотнительные* – для герметизации различных соединений. Введением специальных присадок таким смазкам дополнительно придают повышенную стойкость к агрессивным средам, к высоким или низким температурам, к влаге и т.д.

3.4. Строительные материалы

Строительные материалы применяются для монтажа, отделки и ремонта производственных, жилых и общественных зданий, а также для возведения и содержания сооружений (мостов, плотин, набережных, стадионов, парков), прокладки дорог и инженерных сетей и т.д. Как материалы *промышленные* (см. раздел 3.1), строительные материалы используются и как *конструкционные*, и как *готовые материалы производственного и потребительского назначения* (там же). Рассмотрим основные свойства и области применения наиболее широко распространенных групп этих материалов.

Природные каменные материалы

Природные каменные материалы – это конструкционные материалы, полученные из нерудного минерального сырья (изверженных, осадочных и метаморфических горных пород, см. раздел 2.1) *открытым (карьерным) способом* (там же) с последующей механической обработкой. Классифицируются по двум признакам. *По назначению* природные каменные материалы подразделяются на материалы для кладки (бутовый камень и стеновые блоки), для наружной и внутренней отделки зданий (облицовочные плиты и профилированные изделия), а также для дорожных покрытий (булыжник, брусчатка, бортовой камень, щебень, гравий и песок). *По степени механической обработки* различают *грубообработанные (дробленые)* природные каменные материалы (бутовый камень и щебень), *точнообработанные (фрезерованные)* штучные изделия (стеновые блоки), *гладкообработанные (шлифованные и полированные)* штучные изделия (облицовочные плиты) и *профилированные* изделия (ступени, подоконники, наличники, колонны и др.).

По *плотности* природные каменные материалы уступают сталям почти в три раза. Обладают *высокой теплопроводностью*, имеют *хорошие диэлектрические свойства*, не разрушаются от действия *воды, кислот и щелочей*, не проницаемы для *пара и газов*. Обработываются твердосплавным и алмазным режущим инструментом, хорошо шлифуются и полируются. Из природных каменных материалов можно получать литьем изделия, не требующие дальнейшей механической обработки (*каменное литье*). С точки зрения эксплуатации наиболее важными механическими свойствами природных каменных материалов являются *предел прочности на сжатие* (10–500 МПа) и *твердость* (от 1 до 6 единиц по шкале Мооса, см. раздел 3.1). Специфические же эксплу-

атационные свойства этих материалов – *морозостойкость и огнестойкость*. Первая представляет собой способность материала в насыщенном водой состоянии выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения (уменьшения массы не более чем на 5 %) и без значительного снижения прочности на сжатие (тоже не более чем на 5 %). Для природных каменных материалов морозостойкость составляет от 100 до 1 000 циклов замораживания-оттаивания. Огнестойкость – это сопротивление строительного материала непродолжительному воздействию огня при пожаре. Для природных каменных материалов она составляет 700–900°С. Очевидно, что морозостойкость важна для тех природных каменных материалов, которые используются для кладки и наружной отделки зданий (см. выше), а огнестойкость – для внутренней отделки этих зданий (там же).

Бутовый камень – это куски камня неправильной формы размерами не более 500 мм, получаемые взрывными работами в карьере из *осадочных* (см. раздел 2.1) горных пород. Очень экономичный строительный материал, применяемый для кладки фундаментов зданий, стен вспомогательных зданий (например, складов), массивных частей гидротехнических сооружений (того же тела плотины). Однако большая часть бутового камня из-за сложности кладки дробится и идет на приготовление *бетонов* в качестве заполнителя (см. далее).

Стеновые блоки имеют форму параллелепипеда, их получают выпиливанием из горных пород с последующим фрезерованием. Как материал для кладки стен более экономичны, чем кирпич, поскольку имеют большие размеры (длина до 400 мм, высота – около 200) и, как следствие, меньшую трудоемкость строительных (монтажных) работ.

Облицовочные плиты толщиной от 12 до 40 мм имеют шлифованную или полированную поверхность. Как материал для наружной и внутренней облицовки стен превосходят те же кирпич, штукатурку или краску и по долговечности, и по декоративным качествам.

Щебень – куски *дробленого* бутового камня неправильной формы размерами 50–150 мм. Применяется при строительстве дорог, для производства бетона, служит основанием для кладки фундаментов.

Гравий – *окатанные* куски горных пород размерами 50–150 мм, получаемые просеиванием на соответствующих ситах. Как и щебень, используется в дорожном строительстве и служит заполнителем при изготовлении бетона. Гравий дешевле щебня, поскольку является *естественным* строительным материалом, тогда как щебень – продукт *переработки* горных пород. Зато бетон на основе щебня выше качеством, чем бетон с заполнителем из гравия, потому что острые грани и ломаная форма кусков щебня обеспечивают лучшую сцепляемость заполнителя с *вяжущим веществом* (см. далее). Кроме того гравий используется как декоративный материал для отсыпки дорожек, пляжей, дна искусственных водоемов и т.д.

Песок – частицы минералов размерами 0,14–5 мм. Большая его часть (до 40 %) потребляется дорожным строительством, остальная – при возведении

зданий, в производстве бетона и железобетонных конструкций, а также в процессе приготовления сухих строительных смесей.

Керамические материалы

Керамическими называют конструкционные материалы, изготовленные из глины путем *формования в сыром виде* и последующего *обжига при температуре 1 000°С* для спекания её частиц между собой и в результате приобретающие свойства камня. Классифицируются по *трем* признакам. **По назначению** выделяют следующие керамические материалы и изделия:

- *стенные материалы* (строительный кирпич и керамические блоки);
- *кровельные материалы* (черепица);
- *материалы для облицовки наружных и внутренних стен зданий, а также полов* (лицевой кирпич, плитка для стен и полов, керамические камни);
- *санитарно-технические изделия* (мойки и унитазы из строительного фаянса, канализационные и дренажные трубы);
- *изделия бытового назначения* (фарфоровая и фаянсовая посуда, вазы, сосуды для жидких и сыпучих веществ).

По структуре различают *пористые* (водопоглощение более 5 % по массе) и *плотные* (водопоглощение менее 5% по массе) керамические материалы. Примером пористого керамического материала является фаянс, примером плотного – фарфор.

По температуре плавления керамические материалы бывают *легкоплавкими* (ниже 1 350°С), *тугоплавкими* (1 350–1 580°С) и *огнеупорными* (более 1 580°С). Легкоплавким является обыкновенный *строительный* (красный) кирпич. Из тугоплавкого *печного* кирпича кладут бытовые печи. Огнеупорные кирпичи – *динасовый, шамотный, хромомagneзитовый* – используются для **футеровки** (облицовки свода и пода) промышленных печей (доменных, конвертерных, закалочных, нагревательных и других).

Такое *многообразие* применяемых в строительстве керамических материалов объясняется рядом их *преимуществ*:

- доступность и распространенность сырья (глины);
- устойчивость к воздействию воды, кислот и щелочей;
- низкая паропроницаемость;
- достаточная прочность и морозостойкость (правда и та, и другая в 5–10 раз меньше, чем у природных каменных материалов);
- высокая огнестойкость (почти в два раза выше по сравнению с теми же природными каменными материалами).

Недостатками же керамических материалов являются:

- малые размеры и высокая плотность одного из основных видов этих материалов – обыкновенного (полнотелого) строительного кирпича, что приводит к *значительной трудоемкости строительных работ* (кладки);
- высокая теплопроводность полнотелого кирпича вкупе с его большой объемной массой (см. выше) предполагают *большой расход данного строительного материала на возведение зданий и сооружений*;

– *большая энергоемкость производства*, обусловленная высокой температурой обжига (также см. выше).

Минеральные вяжущие вещества

К **минеральным (неорганическим) вяжущим веществам** относятся порошкообразные материалы, которые при смешивании с водой образуют *вязкопластичное тесто*, переходящее под влиянием физико-механических и химических процессов в *камневидное состояние*. Этим переходом минеральное вяжущее вещество *скрепляет между собой* куски бутового камня, щебня или гравия, а также частиц песка. Такое скрепление происходит при изготовлении *бетонов, силикатного кирпича и асбестоцементных материалов* (см. далее), а также при приготовлении *строительных растворов* (кладочных и штукатурных). Начало и конец такого процесса **схватывания вяжущего** определяют промежуток времени, в течение которого тесто полностью теряет пластичность, превращаясь в **искусственный камень**. Это время называется *сроком твердения*. Сроки схватывания и твердения, а также **прочность** полученного искусственного камня – основные **эксплуатационные свойства минеральных вяжущих материалов**.

Данные материалы делятся на *воздушные*, способные твердеть и сохранять прочность только **на воздухе** (известь, гипс, жидкое стекло), и *гидравлические*, твердеющие и сохраняющие прочность **как на воздухе, так и в воде**. Это деление определяет *области применения* минеральных вяжущих веществ. Так, *известь* используется для приготовления кладочных строительных растворов, используемых в сухих условиях, а также штукатурных растворов и побелки. Кроме того известь применяется для производства *силикатных (автоклавных)* строительных материалов (см. далее). *Гипс* используется в виде *строительного гипса (алебаstra)*. Из *жидкого стекла* приготавливают огнезащитные и кислотостойкие обмазки, а также силикатные краски.

Наиболее широко применяемой является группа *гидравлических минеральных вяжущих веществ*, называемая **цементы** и используемая при производстве бетона и железобетона, а также в гидротехническом и дорожном строительстве. Первое место по объему производства и потребления среди всех минеральных вяжущих материалов занимает **портландцемент**. Кроме него существует широкая номенклатура *специальных цементов*, которым придают те или иные эксплуатационные свойства введением соответствующих добавок при их производстве. Наличие таких дополнительных служебных качеств отражается в названии этих цементов. Так, если обычный портландцемент гарантируемую ГОСТом прочность приобретает через 28 суток после его смешивания с водой, то **быстротвердеющий** портландцемент – через 3 суток после *затворения* (приготовления) такой смеси. Производятся также *пластифицированные, гидрофобные, морозостойкие* и другие специальные по своим **эксплуатационным** свойствам цементы.

Бетоны и железобетоны

Бетонами называют *искусственные* каменные материалы, получаемые в результате *формования и твердения бетонной смеси*, состоящей из *минерального вяжущего вещества – цемента* (8–15 %), *заполнителя* (80–85 %) и

воды. В качестве *заполнителя* применяют *нерудные каменные материалы* (щебень, гравий и песок), *побочные продукты металлургической промышленности* (чугунный скрап и гранулированный шлак), а также *пористые материалы* (керамзит, например). Состав бетонной смеси в определенные сроки после её затворения (см. выше) должен обеспечить полученному бетону заданные *эксплуатационные свойства* – плотность, прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и т.д. Так, в зависимости от *заполнителя* бетоны по *плотности* различают следующим образом:

- *особо тяжелые бетоны плотностью более $2,5 \text{ г/см}^3$* (уровень плотности природных каменных материалов), изготавливаемые на самых тяжелых заполнителях – чугунном скрапе и гранулированном металлургическом шлаке. Применяются для строительства таких же *особо ответственных сооружений* (тела плотины или фундамента реактора АЭС);
- *тяжелые бетоны (плотность $1,8\text{--}2,5 \text{ г/см}^3$)* с крупным заполнителем из щебня с гравием и мелким заполнителем из песка. Применяются для всех *несущих конструкций*;
- *легкие бетоны (плотность $0,5\text{--}1,8 \text{ г/см}^3$)* на пористых заполнителях, применяемые для *наружных ограждающих конструкций* зданий;
- *особо легкие (ячеистые) бетоны плотностью менее $0,5 \text{ г/см}^3$* заполнителем фактически имеют воздушные поры (ячейки) и применяются для *теплоизоляции*.

Недостатком бетона, как любого каменного материала, является низкая прочность при растяжении и изгибе. Данный недостаток устраняется в *железобетоне*, где одноименные рабочие нагрузки воспринимает *стальная арматура, монолитно соединенная с бетоном*. Чтобы подобная конструкция была именно *монолитом*, необходимы два условия – близость значений коэффициентов линейного расширения (см. раздел 3.1) стали и бетона, а также их прочное сцепление, обеспечиваемое тем же минеральным вяжущим веществом.

Бетон и железобетон во *всех* областях строительства применяются в виде *конструкций*. По способу изготовления бетонные и железобетонные конструкции могут быть *сборными и монолитными*. Сборные конструкции изготавливают *на специальных предприятиях (строительных комбинатах)* в виде крупногабаритных изделий – составных частей будущих зданий и сооружений – после чего доставляют на строительные площадки. Монолитные же конструкции изготавливают прямо *на самой строительной площадке* в собираемой для этого форме (*опалубке*), воспроизводящей конфигурацию будущей конструкции и соответствующей её габаритам.

Как *главные строительные материалы*, бетон и железобетон имеют следующие *преимущества*:

- возможность получать бетоны с заданными эксплуатационными свойствами (жаростойкие, теплоизоляционные, ячеистые и др.) варьированием состава бетонной смеси;
- доступность и дешевизна сырья (песка, гравия, щебня);
- высокая долговечность и огнестойкость;

- значительная экономия от замены дорогостоящих металлических конструкций более дешевыми железобетонными;
- низкий уровень эксплуатационных затрат.

Недостатком как бетонных, так и железобетонных конструкций является их большая масса.

Силикатные материалы

Силикатными называют *искусственные* каменные материалы, получаемые *формованием* и последующей *механико-термической обработкой* (давление 0,8–1,2 МПа, температура 175–200°С) в специальных установках (*автоклавах*) смеси *воздушного минерального вяжущего вещества* (извести), *заполнителя* (кварцевого песка) и *воды*. Наиболее распространенными являются *силикатный кирпич* и *силикатный бетон*, обладающие следующими **преимуществами** перед своими конкурентами – керамическим кирпичом и цементным бетоном (см. выше) соответственно:

- использование *более дешевого вяжущего вещества* (извести);
- *более широкая и менее дорогая сырьевая база* (песок);
- *уменьшение массы и стоимости бетонных конструкций* за счет замены щебня и гравия песком;
- *снижение энергоемкости технологии получения кирпича* за счет отсутствия высокотемпературной операции обжига.

Недостаток силикатных материалов очевиден – их нельзя использовать для конструкций, работающих во *влажной среде*.

Асбестоцементные и теплоизоляционные материалы

Асбестоцемент – это *искусственный* каменный материал, представляющий собой затвердевшую смесь *портландцемента*, выполняющего одновременно функции связующего и заполнителя, с *асбестовым волокном* (арматурой). Это высокопрочный, легкий, огне-, био- и морозостойкий конструкционный материал, хорошо поддается формообразованию давлением и обработкой резанием.

Из асбестоцемента изготавливают *профилированные (шифер) и листовые материалы для кровель и облицовки зданий, навесные стеновые панели и трубы*. Использование асбестоцементных изделий в строительстве позволяет уменьшить вес зданий и снизить трудоемкость их отделки, а асбестоцементные трубы значительно долговечнее и дешевле металлических.

Наиболее массовым видом *теплоизоляционных материалов* являются **минераловатные плиты и маты** (первые более плотные и жесткие, чем вторые). Насколько эффективно их использование, видно из таблицы 3.7.

Таблица 3.7

Расход теплоизоляционных материалов на 1 м² наружной стены здания

Теплоизоляционный материал	Лицевой кирпич	Ячеистый бетон	Минераловатные изделия
Объем, м ³	0,64	0,32	0,10
Масса, кг	1 100–1 200	250–300	25–30

Стекло и изделия на его основе

Стеклом называют прозрачный бесцветный, но не пропускающий ультрафиолетовые лучи конструкционный материал, получаемый *охлаждением расплава смеси минералов*, из которых основным (более 75 %) является *кремнезем (диоксид кремния SiO_2)*. Для получения *цветного* стекла при его варке в жидкую стекломассу добавляют оксиды металлов и неметаллов – хрома (окрашивает стекло в зеленый цвет), меди (в красный), кобальта (в синий), серебра (в желтый), марганца (в коричневый и фиолетовый).

Стекло имеет плотность, соизмеримую с плотностью стали (около 6 и 7,9 г/см³ соответственно), обладает низкой тепло- и электропроводностью, не разрушается от действия воды, кислот и щелочей, практически не проницаемо для газов и водяного пара. Оно характеризуется высокой прочностью на сжатие (700–1 200 МПа), но малой прочностью на изгиб (практически в 10 раз меньше, чем на сжатие). Имеет чрезвычайно высокую хрупкость и твердость 5–7 единиц по шкале Мооса (см. раздел 3.1). Все *виды стекла* (см. ниже) при температуре 800–1 000°С поддаются обработке давлением (прокатка, вытягивание, раздувание и др.) и сварке. Механическая обработка стекла в связи с его высокой твердостью осуществляется алмазным (резка стекла) или абразивным (шлифование и полирование) инструментом.

Специфическим эксплуатационным свойством стекла как конструкционного материала, является *светопрозрачность* (до 90 %), стандартные же его служебные качества определяются выше перечисленными физическими и механическими свойствами.

Существуют следующие виды *изделий из стекла*:

- **строительное листовое стекло** – оконное толщиной 2–6 мм и витринное толщиной 6,5–12 мм. Первое предназначено для остекления окон, внутренних дверей, фонарей производственных зданий, а также для изготовления *стеклопакетов* (см. ниже). Второе применяют для остекления витрин и световых проемов общественных зданий, а также для изготовления зеркал, мебели и тех же стеклопакетов;
- **объемные конструктивные изделия из стекла** – *стеклоблоки и стеклопакеты*. Первые представляют собой пустотелые изделия, получаемые сваркой двух предварительно отпрессованных стеклянных половин с герметизацией внутреннего пространства блока (для повышения теплоизоляционных свойств). Используются для кладки наружных ограждений, светопрозрачных перегородок и даже лестничных клеток. *Стеклопакеты* – это изделия, состоящие из двух или трех листовых стекол, соединенных с зазором 15–20 мм так, чтобы между ними образовывались либо герметичные полости, либо полости, соединенные с внешней средой осушительными устройствами. Благодаря такой конструкции, стеклопакеты имеют низкую теплопроводность, высокую звукоизоляцию, не замерзают и не запотевают даже при температуре наружного воздуха ниже – 20°С. Применяются для остекления оконных и дверных проемов зданий;
- **стеклотара** из *зеленого (бутылочного)* и оконного (см. выше) стекла;

- **стеклянные трубы, стеклянная облицовочная плитка, стекловолокно и стеклянная посуда.**

В структуре продукции стекольной промышленности *наибольший объем* занимает производство стеклотары и листового строительного стекла.

Перечисленные выше виды изделий изготавливаются из **стекла общего назначения** – *строительного и бытового*. Кроме них существуют **специальные виды стекла**, а именно:

- **закаленное стекло** имеет в 3–5 раз более высокую, чем стекло общего назначения, прочность, что достигается его *термообработкой* (нагрев до 700–900°C и резкое равномерное охлаждение). Применяется для остекления витрин и световых проемов общественных зданий, сплошных стеклянных дверей, перегородок и других ограждающих конструкций, требующих **повышенной стойкости к ударным воздействиям**. При разрушении рассыпается на мелкие кубические кусочки;
- **армированное стекло** представляет собой листовое стекло, в толщу которого впрессована металлическая проволочная сетка. Как и закаленное, это стекло безопасно, поскольку при разрушении его осколки удерживаются сеткой. Применяется для заполнения световых проемов и дверей (при **повышенных требованиях к безопасности и огнестойкости остекления**), для изготовления колпаков фонарей верхнего света, для ограждения балконов, лоджий, лестниц, лифтовых шахт, для устройства перегородок и светопрозрачных кровель зданий;
- **трехслойное стекло (триплекс)** состоит из двух стеклянных листов, склеенных между собой полимерной пленкой. При ударе такое стекло только растрескивается, но не разлетается на осколки. Используется для остекления транспортных средств. Два слоя пленки между тремя стеклянными листами делают подобное уже **пятислойное** стекло пуленепробиваемым;
- **узорчатое стекло** с рельефным рисунком (для остекления фар), **матовое стекло** после пескоструйной обработки (для светорассеивающего остекления), **кварцевое стекло**, превосходящее по жаростойкости легированную сталь (1 400–1 500°C) и используемое для изготовления лабораторной посуды, **увиолевое стекло**, пропускающее ультрафиолетовое излучение, **солнце-защитное** и другие виды стекол.

Стекло – материал *аморфный*, но существует его *кристаллическая* разновидность, называемая **ситаллами**. Название образовано *первым* слогом слова «*силициум*» (кремний – основа стекла) и *последним* слогом слова «*кристалл*», то есть, *ситаллы* – это **закристаллизованные стекла**. Получают их введением в расплавленное стекло веществ, выполняющих роль центров кристаллизации в процессе остывания расплава. Кристаллическая фаза в различных ситаллах составляет более 40 %. Этот кристаллический «каркас» внутри стекла обеспечивает ситаллам выгодное сочетание физических, механических и эксплуатационных свойств. Наиболее широко используемой *разновидностью ситаллов* являются **шлакоситаллы**, сырьем для производства которых служат шлаки черной и цветной металлургии, топливные золы и другие отходы промышленности. Большие запасы этого сырья и его дешевизна обуслав-

ливают низкую стоимость шлакоситаллов, а их высокая коррозионная стойкость и износостойкость позволяют использовать данные материалы в качестве, соответственно, *экономичной и эффективной* футеровки рабочих пространств химических агрегатов, тепловых камер, емкостей для хранения и транспортировки агрессивных жидкостей и газов, половой плитки производственных зданий и др.

Древесина и изделия из неё

Древесина – это освобожденная от коры ткань волокон, из которой состоит *ствол дерева*, используемая в качестве *конструкционного материала*. Помимо общих для всех этих материалов *физических свойств* (малая плотность и низкая теплопроводность) древесина имеет только ей присущие свойства данной группы – *влажность, усушку, разбухание и пористость*.

Влажность – это содержание влаги в древесине. Характеризуется соотношением масс удаленной из образца влаги и абсолютно сухого этого же образца. При длительном нахождении в воде влажность древесины может достигать 200 %. Нормальным значением влажности для деревянных конструкций, расположенных на *открытом воздухе*, считается 15–18 %, для деревянных изделий, находящихся в *помещении* 8–12 %.

Усушка и разбухание – это, соответственно, *относительное уменьшение и относительное увеличение линейных размеров* (до 0,35 %) или *объема* (3–10 %) древесины при её высыхании или в результате поглощения древесиной влаги.

Пористость – это отношение объема пор в волокнах древесины к её объему. Пористость хвойных и лиственных пород дерева примерно одинакова и составляет 40–80 %.

Главной особенностью совокупности *механических свойств* древесины является их **анизотропия** – разность (в 5–8 раз) значений прочности, твердости и ударной вязкости, полученных при испытаниях с нагрузкой, прикладываемой вдоль и поперек волокон.

Виды **изделий** из древесины:

- **брёвна строительные** (хвойные породы) и **пиловочные** (хвойные и лиственные породы) диаметром 140 мм и более, длиной 1 000–6 500 мм. Первые являются конструкционным материалом для строительства зданий, вторые – сырьем для изготовления *пиломатериалов* (см. далее). Требуемый диаметр брёвнам придают токарной обработкой;
- **пиломатериалы** – продукт *продольной распиловки брёвен*. Наиболее распространенный вид изделий из древесины. Пиломатериалами являются *доска различного профиля* (горбыль, необрезная, чистообрезная, шпунтованная), *брус* (балка квадратного поперечного сечения размером более 100 мм), *брусок и рейка* (балка квадратного и прямоугольного поперечного сечения соответственно со стороной максимального размера не более 100 мм), *профилированный погонаж* (вагонка, плинтус, наличник);
- **клеёные древесные конструкции** – *сборные изделия заданной формы и размеров, получаемые горячим склеиванием досок, брусьев и брусков*. К таким конструкциям относятся:

балки – опорные брусья (в том числе, клеёные), используемые в качестве перекрытий для окон, дверей и потолков;
прогоны – опорные балки, поддерживающие кровлю здания;
фермы – сооружения из скреплённых в виде треугольника брусьев;
рамы – сооружения из скреплённых в виде прямоугольника брусков;
сваи – опорные брусья, забиваемые вертикально в землю;

- **листовые древесные материалы**, к которым относятся:

столярные плиты – трехслойные щиты толщиной 10–30 мм, состоящие из реек, оклеенных с двух сторон *фанерой* (см. далее) или *шпоном* – тонкими листами древесины, получаемыми лущением или строганием отрезков ствола дерева;

фанера – трех- и более многослойные листы толщиной 3–30 мм, получаемые горячим склеиванием бакелитовым, карбамидным или фенолформальдегидным клеем слоев хвойного или лиственного шпона;

древесно-стружечные плиты (ДСпП) – продукт горячего прессования древесной стружки, пропитанной фенолформальдегидной смолой в качестве связующего. Стандартные толщины – 10, 16 и 22 мм;

древесноволокнистые плиты (ДВП) – продукт горячего прессования древесных волокон без связующего толщиной от 2,5 до 6 мм.

3.5. Композиционные материалы

Последней по ходу изложения темы 3 разновидность данных промышленных материалов является не случайно – композиционные материалы (композиты) – это *самый «молодой» класс конструкционных материалов* из числа рассмотренных. *Необходимость их создания* была продиктована **развитием техники**, которое предполагало *существенное увеличение рабочих нагрузок*, испытываемых в процессе эксплуатации деталями машин и механизмов, а также элементами конструкций и сооружений. «Классические» конструкционные материалы, такие как, например, сплавы черных и цветных металлов, для этого не годились, т.к. требуемое повышение эксплуатационных свойств изготовленных из них деталей и элементов обеспечивалось *только* за счет увеличения размеров (массы) последних. Нужны были новые материалы, которые *сочетали бы в себе малую плотность с высокой прочностью и ударной вязкостью*. Таковыми и стали композиционные материалы, без которых сейчас невозможно создание космических кораблей, производство ракет, самолетов, автомобилей, судов и атомных реакторов, изготовление криогенного оборудования, электронных средств коммуникации и других видов техники.

Принцип создания композитов – сочетание *разнородных по свойствам* компонентов с целью **максимально рационального использования наиболее ценных из этих свойств**. Данный принцип реализуется при наличии у полученного композиционного материала следующей совокупности *обязательных признаков*:

- состав, форма и распределение компонентов композита «запроектированы» заранее;

- композиционный материал не встречается в природе, а является созданием человека;
- композит состоит из двух (минимум) и более компонентов, различающихся по химическому составу и разделенных в нём выраженной границей. Один из этих компонентов, называемый *матрицей*, **обязательно непрерывен в трех измерениях**, и составляет бóльшую часть композиционного материала, делая его целостным. Второй обязательный компонент, наоборот, **дискретный, нуль-, одно- или двумерный**, является *армирующим* (усиливающим). Эти и другие (при наличии) компоненты композита называются *фазами*, а сам композиционный материал – *гетерогенной (неоднородной) системой*. Граница раздела упрочняющей фазы и матрицы представляет собой самостоятельный элемент структуры такого материала, или *переходный слой*, в котором формируется *связь* между ними;
- *свойства* композита определяются **каждым** из его компонентов (см. выше), в связи с чем, эти компоненты должны присутствовать в составе композиционного материала в необходимом (больше некоторого критического содержания) количестве;
- композит обладает такими *эксплуатационными* свойствами, которых не имеют его компоненты, взятые в отдельности (*эмерджентное качество* композиционного материала как *системы*, см. раздел 1.1);
- композиционный материал **неоднороден в микромасштабе и однороден в макромасштабе**. Сказанное означает, что образец композита, размеры которого существенно превышают минимальные размеры его компонентов, имеет в *среднем один и тот же химический состав*. Этот признак позволяет исключить из класса композиционных материалов биметаллы, железобетоны, детали с покрытиями, сотовые изделия и т.п., являющиеся *конструкциями*, а не материалами.

По *геометрической форме армирующего компонента* композиты делятся на две группы – **дисперсно-упрочненные и волокнистые**. Первые имеют *упрочняющий компонент в виде частиц порошков оксидов, карбидов или нитридов металлов, распределенных в матрице из цветного металла или из стали* (табл. 3.8). Технология получения дисперсно-упрочненных композиционных материалов – *порошковая металлургия*. Её основными технологическими процессами являются изготовление порошков матрицы и армирующего компонента, их совместное прессование и последующее спекание, а затем пластическое деформирование с целью повышения плотности и уменьшения пористости полученного композита. *Области применения* дисперсно-упрочненных композиционных материалов определяются сочетанием их малого удельного веса с высокой прочностью при больших температурах и в агрессивных средах (см. табл. 3.8). Кроме этого особенностью композитов данной группы является то, что частицы упрочняющего компонента (порошка) *нульмерны в трех измерениях* (см. выше), в силу чего указанные механические и эксплуатационные свойства дисперсно-упрочненных композиционных материалов *одинаковы* по всем направлениям, т.е. они *неанизотропны*.

Области применения дисперсно-упрочненных композитов

Материал матрицы дисперсно-упрочненного композита	Области его применения
Алюминий	Лопатки турбин, детали компрессоров, работающие при высоких (300 – 500°С) температурах
Бериллий	Детали ядерной и авиационной техники, работающие при температурах 600 – 750°С
Магний	Корпусные детали авиационной и ракетной техники минимальной массы и повышенной прочности
Никель	Камеры сгорания, лопатки и стабилизаторы газовых турбин, эксплуатируемые при температурах более 1 100°С
Кобальт	Лопатки газовых турбин авиадвигателей, бойлеры, испаряющие ртуть при высоких (до 1 000°С) температурах (ядерная техника)
Медь	Детали механизмов, обладающие высоким сопротивлением ползучести, высокой жаропрочностью и эрозионной стойкостью
Платина	Материал тиглей для плавки металлов и неметаллов, имеющий высокую жаропрочность, длительную прочность и высокое сопротивление ползучести
Сталь	Детали ядерной техники, работающие при температурах до 1 200°С, имеющие пониженную склонность к охрупчиванию при облучении

В отличие от дисперсно-упрочненных композиционных материалов *армирующий компонент волокнистых композитов* имеет *преобладающий* (на несколько порядков бóльший) *размер* либо *в одном*, либо *в двух* измерениях. В первом случае упрочняющая фаза представляет собой *волокно* (нити диаметром от тысячных до десятых долей миллиметра, проволока, жгуты), а во втором – *слоистый материал* (сетки, ленты, фольга, ткани).

Волокнистые композиты разделяют также по *материалам матрицы и армирующего компонента*, каковыми могут быть *полимеры* (термопласты и реактопласты, см. раздел 3.3), *металлы и неметаллы*. Вид упрочняющего и матричного материала образует *название* волокнистого композита. Так, *металлопластик* – это композит на основе пластмассы, которая армирована металлическими волокнами. У *бороалюминия* упрочняющая фаза – волокна бора, а матрица – порошок алюминия. *Углерод-углеродные композиты* и армирующим материалом, и материалом матрицы имеют углерод.

Прочность волокнистых композиционных материалов имеет иное происхождение, нежели прочность дисперсно-упрочненных композитов. Упрочнение матрицы дисперсно-упрочненных композиционных материалов происходит за счет создания частицами армирующей фазы барьеров распространению микродефектов (дислокаций). В результате структура материала матрицы измельчается, и *прочность дисперсно-упрочненного композита определяется*

именно им. Прочность же волокнистых композитов обеспечивается за счет того, что нагрузку испытывает упрочняющая фаза, вследствие чего *прочность волокнистых композиционных материалов зависит*, прежде всего, **от прочности материала армирующего компонента.** Матрица же цементирует волокна или ткани в единое тело, защищает их от механического повреждения и окисления, являясь средой, передающей нагрузку на волокнистую или на слоистую упрочняющую фазу.

Еще одно *отличие волокнистых композитов* – **анизотропия механических свойств**, обусловленная ориентированностью волокон в одном направлении – именно в нём достигается наибольшая прочность на изгиб и растяжение. Изменение направления волокон по отношению к действию основной нагрузки снижает величину соответствующего сопротивления, но повышает его в других направлениях.

Поскольку структура волокнистых композиционных материалов, как следует из всего выше сказанного, сложнее, чем структура дисперсно-упрочненных композитов, более разнообразной является и *технология их изготовления.* Все методы получения волокнистых композитов можно объединить в *три группы:*

- *жидкофазные методы* (пропитка волокон упрочняющей фазы расплавом матрицы, литье с последующей направленной кристаллизацией матрицы);
- *твердофазные методы* (та же порошковая металлургия, диффузионная сварка матрицы и волокон под давлением, прокатка, прессование);
- *комбинированные методы* (осаждение или напыление матрицы на волокна армирующего компонента из её жидкой или газовой фазы соответственно).

Свойства и области применения наиболее широко распространенных волокнистых композиционных материалов приведены в таблице 3.9. В качестве комментария к ней можно сказать следующее. *Композиционные материалы – это самый бурно развивающийся класс конструкционных материалов.* Внутри же этого класса *наиболее перспективными являются волокнистые композиты с полимерной матрицей.* Так, огромные средства и усилия лучших исследовательских центров мира направлены сейчас на создание их разновидностей с упрочняющей фазой в виде *наночастиц.* Подобного рода **нанокompозиты** относят именно к волокнистым, а не к дисперсно-упрочненным, потому что частицы (наночастицы) армирующего компонента имеют поверхность на порядок и более развитую, чем частицы порошков оксидов, карбидов или нитридов металлов (см. выше). В связи с этим свойства нанокompозитов в гораздо бóльшей, по сравнению с дисперсно-упрочненными композиционными материалами, степени зависят от свойств упрочняющей фазы, а это и есть основное свойство других композитов – волокнистых (также см. выше). Ведутся работы с целью получения нанокompозитов, например, с эффектом памяти, или со способностью к самоорганизации как химические системы. Индустрия именно полимерных волокнистых композиционных материалов – самое важное направление **технологического прогресса**, связанное с созданием новых материалов, обладающих уникальными свойствами, для широчайшего применения таких материалов во всех отраслях современного производства.

Таблица 3.9

Названия, свойства и области применения волокнистых композитов

Вид и материал армирующего компонента	Материал матрицы		
	Полимеры	Металлы	Углерод
Стекланные волокна и ткани	<i>Стеклопластики</i> – стекловолокнит и стеклотекстолит. Свойства и применение описаны ранее (таблица 3.3).	–	–
Органические волокна и ткани	<i>Органопластики</i> – самые легкие, но и самые непрочные. Используются в качестве обшивочного материала.	–	–
Углеродные волокна	<i>Углепластики</i> или <i>карбоволокниты</i> – наиболее перспективный вид композитов . Легкие, прочные, термостойкие и коррозионностойкие. Авиационная и космическая техника, автомобилестроение, спортивный инвентарь.	Легкий и жаропрочный композит «алюминий-углерод». Лопатки турбин авиационных двигателей и топливные баки самолетов.	Прочный при высоких температурах «углерод-углеродный» композит. Материал тепловой защиты дисков авиационных тормозов и теплоизоляционной защиты космических челноков типа «Шаттл».
Борные волокна	<i>Боропластики</i> – высокая прочность на сжатие. Силовые конструкции, воспринимающие подобную нагрузку. Недостаток – плохая обрабатываемость резанием.	<i>Бороалюминий</i> и <i>боромагний</i> – композиты, которые в два раза прочнее дуралюминов при таком же малом удельном весе и высокой жаропрочности. Авиационная техника.	–
Металлические волокна и проволока	<i>Металлопластики</i> – высокая стойкость к ионизирующему излучению. Материал защитных радиационных покрытий помещений АЭС и противорадиационных комбинезонов. Недостатки – токсичность и плохие санитарные свойства.	<i>Сталеалюминиевый</i> композит с упрочнителем из нержавеющей стали Х18Н9Т. Легче и прочнее этой стали. Корпусные детали минимальной массы, а также повышенной прочности и жесткости в авиационной и ракетной технике.	–

Вопросы для самоконтроля

к разделу 3.1

1. Определение промышленных материалов и задача их выбора. Две группы промышленных материалов.
2. Виды конструкционных материалов. Группы свойств промышленных материалов (только названия).
3. Сущность и названия физических свойств конструкционных материалов. Определение цвета, плотности и температуры плавления материала, интервалы их изменения для различных конструкционных материалов.
4. Теплопроводность, тепловое расширение и электропроводность материала, интервалы их изменения для различных конструкционных материалов.
5. Определение и виды химических свойств материала, их учет при выборе конструкционных материалов.
6. Определение механических свойств материала. Показатели и единицы измерения прочности и пластичности конструкционных материалов.
7. Твердость конструкционных материалов, методы её измерения и области их применения.
8. Определение и единицы измерения упругости, ударной вязкости и выносливости конструкционных материалов.
9. Определение технологических свойств конструкционных материалов, характеристика их литейных свойств.
10. Определение и единицы измерения ковкости, свариваемости и обрабатываемости резанием конструкционных материалов.
11. Эксплуатационные свойства конструкционных материалов – определения, единицы измерения и учет при выборе вида материала.

к подразделу 3.2.1

1. Определение сталей, их состав и причина широкого использования. Классификация сталей по назначению и по химическому составу.
2. Классификация сталей по содержанию углерода и по качеству.
3. Конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества.
4. Качественные конструкционные углеродистые стали.
5. Конструкционные легированные стали (без маркировки).
6. Маркировка легированных сталей.
7. Инструментальные углеродистые и быстрорежущие стали.
8. Инструментальные легированные стали.
9. Высокопрочные и износостойкие стали.
10. Коррозионностойкие, жаропрочные и жаростойкие стали.

к подразделам 3.2.2 – 3.2.3

1. Определение и состав чугунов. Белые чугуны и чугуны со свободным графитом.
2. Разновидности чугунов с пластинчатым, шаровидным и хлопьевидным графитом. Серые чугуны.
3. Высокопрочные и ковкие чугуны.
4. Легированные чугуны.
5. Свойства, применение и марки меди. Определение латуней и бронз, их преимущества по сравнению с чистой медью.
6. Принципы маркировки латуней и бронз. Маркировка деформируемых латуней.

7. Маркировка литейных латуней. Механические, технологические и эксплуатационные свойства латуней, области их применения.
8. Маркировка бронз, их механические, технологические и эксплуатационные свойства, а также области применения.
9. Достоинства и недостатки алюминия как конструкционного материала. Марки алюминия. Виды алюминиевых сплавов и принцип их выделения.
10. Деформируемые алюминиевые сплавы.
11. Литейные алюминиевые сплавы.
12. Магний и его сплавы.
13. Титан и его сплавы.
14. Никель и цинк, их сплавы.
15. Преимущества инструментальных сплавов цветных металлов перед инструментальными сталями, их особенность и разновидности (только названия).
16. Твердые сплавы и режущая керамика.
17. Баббиты.

к разделу 3.3

1. Назначение, классы, группы и виды химической продукции.
2. Продукция неорганической химии.
3. Минеральные удобрения.
4. Полимеры.
5. Состав одно- и многокомпонентных пластмасс. Свойства и области применения полиэтилена, полипропилена и фторопласта
6. Свойства и области применения полистирола, поливинилхлорида, полиамидов и полиуретанов.
7. Группы и виды реактопластов. Свойства и области применения порошковых терморезистивных пластмасс и волокнита.
8. Свойства и области применения асболокнита, стекловолокнита, гетинакса и текстолита.
9. Свойства и области применения асботекстолита, стеклотекстолита и древесно-слоистого пластика. Газонаполненные пластмассы.
10. Химические волокна.
11. Каучуки.
12. Резины.
13. Искусственное жидкое топливо.
14. Смазочные масла и консистентные смазки.

к разделу 3.4

1. Направления и виды использования строительных материалов. Определение и классификация природных каменных материалов.
2. Свойства природных каменных материалов.
3. Размеры, технология получения и области применения бутового камня, стеновых блоков, облицовочных плит, щебня, гравия и песка.
4. Керамические материалы.
5. Минеральные вяжущие вещества.
6. Бетоны и железобетоны.
7. Силикатные, асбестоцементные и теплоизоляционные материалы.
8. Стекло – определение, технология получения и сырье, физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства.
9. Виды изделий из стекла

10. Специальные виды стекла.
11. Ситаллы.
12. Древесина и её свойства.
13. Виды изделий из древесины.

к разделу 3.5

1. Необходимость и принцип создания композиционных материалов.
2. Признаки композиционного материала.
3. Состав, технология получения и свойства дисперсно-упрочненных композиционных материалов.
4. Области применения дисперсно-упрочненных композиционных материалов.
5. Состав, свойства и технологии получения волокнистых композиционных материалов.
6. Названия, свойства и области применения волокнистых композитов.
7. Значение композиционных материалов и направления их развития.

Тесты

по разделу 3.1

1. Из промышленных материалов состоят предметы
 - потребления
 - производства
 - потребления и производства.
2. Из конструкционных материалов изготавливаются
 - детали машин
 - элементы конструкций
 - детали машин и элементы конструкций.
3. Конструкционными материалами не являются
 - удобрения
 - клеи
 - удобрения и клеи.
4. Сплавами не являются
 - металлические и неметаллические
 - неметаллические и композиционные
 - композиционные и металлическиеконструкционные материалы.
5. Внутреннее строение материала не определяет его
 - механические
 - физические
 - химическиесвойства.
6. Наиболее легкоплавкими конструкционными материалами являются
 - горные породы
 - пластмассы
 - металлы.

7. Диэлектриками являются
- металлические
 - неметаллические
 - металлические и неметаллические конструкционные материалы.
8. Механические свойства конструкционного материала определяют его
- эксплуатационные свойства
 - технологические свойства
 - эксплуатационные и технологические свойства.
9. Наиболее важным и распространенным показателем прочности конструкционных материалов является предел прочности на
- изгиб
 - растяжение
 - срез.
10. В абсолютных показателях измеряются характеристики
- прочности
 - пластичности
 - прочности и пластичности конструкционных материалов.
11. Методом Бринелля измеряют твердость
- металлических
 - неметаллических
 - металлических и неметаллических конструкционных материалов.
12. Царапанием определяют твердость
- металлических
 - неметаллических
 - металлических и неметаллических конструкционных материалов.
13. Шкала Мооса включает
- 10
 - 20
 - 50
- минералов.
14. В одних единицах измеряются характеристики
- прочности и твердости
 - твердости и упругости
 - упругости и прочности конструкционных материалов.
15. Ударная вязкость конструкционного материала определяет уровень его
- технологических свойств
 - эксплуатационных свойств
 - технологических и эксплуатационных свойств.

16. Технологические свойства конструкционных материалов определяют их склонность к формообразованию
- резанием
 - литьем
 - резанием и литьем.
17. Жидкотекучесть конструкционного материала определяет уровень его
- физических свойств
 - механических свойств
 - технологических свойств.
18. Усадка конструкционного материала определяет уровень его
- механических
 - технологических
 - механических и технологических свойств.
19. Коэффициент прочности сварного соединения может измеряться в
- относительных
 - абсолютных
 - относительных и абсолютных единицах.
20. Средним арифметическим отклонением профиля поверхности на определенной длине оценивается шероховатость этой поверхности после
- грубой
 - точной
 - грубой и точной механической обработки.
21. Сопротивление конструкционного материала разрушению своего поверхностного слоя при трении называется
- выносливостью
 - износостойкостью
 - твердостью.
22. Антифрикционность конструкционного материала определяет его
- эксплуатационные
 - технологические
 - эксплуатационные и технологические свойства.
23. Какое утверждение является верным?
- жаропрочность конструкционного материала – это показатель его краснотемкости
 - краснотемкость конструкционного материала – это показатель его жаропрочности
 - краснотемкость и жаропрочность конструкционного материала – это синонимы.
24. Продукт высокотемпературной коррозии металлов называется
- ржавчиной
 - окалиной
 - трухой.

25. Хладостойкость – это способность конструкционного материала сохранять требуемый уровень
- механических
 - технологических
 - эксплуатационных
- свойств при низких температурах.

по подразделу 3.2.1

1. Сталь – это
 - естественное
 - искусственное
 - естественное и искусственное сырье.
2. Основой стали является
 - железо
 - углерод
 - сера.
3. Постоянной примесью (постоянными примесями) в химическом составе сталей является (являются)
 - марганец
 - сера
 - марганец и сера.
4. Специально добавляемыми добавками (добавляемой добавкой) в процессе выплавки стали являются (является)
 - легирующие компоненты
 - железо
 - сера.
5. Взаимоисключающими качествами сталей как конструкционных материалов не являются
 - высокий уровень механических и эксплуатационных свойств
 - высокий уровень эксплуатационных свойств и экономичность производства
 - экономичность производства и высокий уровень механических свойств.
6. Классификационным признаком сталей не является их дифференциация по
 - химическому составу
 - стоимости
 - назначению.
7. Конструкционные стали могут быть
 - легированными
 - углеродистыми
 - легированными и углеродистыми.
8. С уменьшением содержания углерода
 - повышается пластичность и снижается твердость стали
 - снижается пластичность и повышается твердость стали
 - пластичность и твердость стали не изменяются.

9. С повышением содержания углерода свариваемость сталей
- увеличивается
 - уменьшается
 - не изменяется.
10. Качество стали определяется содержанием в ней
- примесей
 - полезных добавок
 - примесей и полезных добавок.
11. С повышением качества стали порог её хладноломкости
- растет
 - снижается
 - не изменяется.
12. По качеству выделяют
- четыре
 - пять
 - шесть
- разновидностей сталей.
13. Буквами «Ст» маркируются
- углеродистые
 - легированные
 - углеродистые и легированные стали.
14. С гарантированным химическим составом поставляются конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества группы (групп)
- Б
 - В
 - Б и В.
15. С увеличением степени раскисления стали её пластичность
- возрастает
 - уменьшается
 - не изменяется.
16. Максимальное содержание углерода в качественных конструкционных углеродистых сталях составляет
- 0,7
 - 0,8
 - 0,9
- процента.
17. Сталями обыкновенного качества не могут быть
- инструментальные
 - легированные
 - инструментальные и легированные стали.

18. Какой легирующий компонент в марках сталей обозначается буквой «В»?
- водород
 - ванадий
 - вольфрам.
19. Какой легирующий компонент в марках сталей обозначается буквой «Ц»?
- цинк
 - церий
 - цирконий.
20. Наибольшее распространение имеют
- низколегированные
 - низколегированные и среднелегированные
 - низколегированные, среднелегированные и высоколегированные конструкционные стали.
21. Начальной буквой «У» маркируются углеродистые
- конструкционные стали
 - инструментальные стали
 - конструкционные и инструментальные стали.
22. Высокая твердость и износостойкость при повышенных температурах – преимущество
- быстрорежущих
 - легированных
 - быстрорежущих и легированных инструментальных сталей.
23. Функциональные стали – это стали с особыми
- механическими
 - технологическими
 - эксплуатационными
- свойствами.
24. Что может означать присутствие буквы «Ш» в марке стали?
- особовысококачественную
 - шарикоподшипниковую
 - особовысококачественную или шарикоподшипниковую сталь.
25. Устойчивость к атмосферной коррозии сталям придает легирование небольшими количествами
- меди
 - меди и хрома
 - меди, хрома и фосфора.

по подразделам 3.2.2 – 3.2.3

1. Чугун – это
- естественное сырье
 - искусственное сырье
 - естественное и искусственное сырье.

2. Основой чугунов является
 - железо
 - углерод
 - сера.
3. Постоянной примесью (постоянными примесями) в химическом составе чугунов является (являются)
 - марганец
 - сера
 - марганец и сера.
4. Передельными являются
 - серые
 - белые
 - серые и белыечугуны.
5. В качестве конструкционного материала наиболее широко используются
 - белые чугуны
 - чугуны со свободным графитом
 - белые чугуны и чугуны со свободным графитом.
6. Медленным охлаждением кристаллизующегося железоуглеродного расплава получают
 - ковкие
 - серые
 - ковкие и серыечугуны.
7. Наилучшими заменителями сталей, как конструкционных материалов, являются
 - серые
 - ковкие
 - высокопрочныечугуны.
8. Графитизирующим отжигом получают
 - ковкие
 - высокопрочные
 - антифрикционныечугуны.
9. Легированию могут подвергаться
 - серые
 - серые и ковкие
 - серые, ковкие и высокопрочныечугуны.
10. Как конструкционный материал, чистая медь обладает хорошими
 - технологическими
 - эксплуатационными
 - технологическими и эксплуатационнымисвойствами.

11. Латунь превосходит чистую медь по
 - механическим свойствам
 - механическим и технологическим свойствам
 - механическим, технологическим и эксплуатационным свойствам.
12. Чередование обозначений и содержания легирующих компонентов является одинаковым
 - в марках деформируемых и литейных сплавов на основе меди
 - в марках литейных сплавов на основе меди и легированных сталей
 - в марках легированных сталей и деформируемых сплавов на основе меди.
13. Деформируемыми могут быть
 - бронзы
 - латуни
 - бронзы и латуни.
14. Дефекты присутствуют в марках
 - деформируемых
 - литейных
 - деформируемых и литейных сплавов на основе меди.
15. Расположите конструкционные материалы в порядке возрастания их качества:
 - латуни, бронзы, чистая медь
 - чистая медь, латуни, бронзы
 - бронзы, чистая медь, латуни.
16. Марки чистого алюминия различаются по его
 - механическим свойствам
 - химическому составу
 - механическим свойствам и химическому составу.
17. Сплавы на основе алюминия являются
 - литейными
 - деформируемыми
 - литейными и деформируемыми.
18. Цифрами в марке дуралюмина обозначается
 - содержание алюминия в процентах
 - предел прочности на растяжение в мегапаскалях
 - номер сплава по стандарту.
19. Номер сплава по ГОСТу имеют марки алюминиевых сплавов,
 - упрочняемых термической обработкой
 - не упрочняемых термической обработкой
 - упрочняемых и не упрочняемых термической обработкой.
20. Обозначения и процентное содержание компонентов сплавов имеют марки
 - дуралюминов
 - силуминов
 - дуралюминов и силуминов.

21. Какой цветной металл не используется как конструкционный материал в чистом виде?
- медь
 - алюминий
 - магний.
22. Как конструкционный материал (конструкционные материалы), в чистом виде используется (используются)
- магний
 - титан
 - магний и титан.
23. Никель, преимущественно, используется как
- конструкционный материал
 - основа никелевых сплавов
 - конструкционный материал и основа никелевых сплавов.
24. Основой (матрицей) твердых сплавов являются
- цветные металлы
 - соединения цветных металлов
 - цветные металлы и их соединения.
25. Наполнителем (связкой) твердых сплавов являются
- соединения цветных металлов
 - цветные металлы
 - как соединения цветных металлов, так и сами цветные металлы.
26. Буквой «К» в марках твердых сплавов обозначается
- кремний
 - кобальт
 - карбид.
27. Твердые сплавы – это материал для изготовления
- подшипников
 - инструмента
 - подшипников и инструмента.
28. В марках баббитов не указывается содержание
- сурьмы и олова
 - олова и свинца
 - свинца и сурьмы.

по разделу 3.3

1. Большинство видов химической продукции используется в качестве
- конструкционного материала
 - готовой продукции производственного назначения
 - конструкционного материала и готовой продукции производственного назначения.

2. К нефтепродуктам не относятся
 - пластичные смазки
 - каучуки
 - дизельные топлива.

3. При производстве взрывчатых веществ используется
 - азотная
 - соляная
 - сернаякислота.

4. Пищевая сода – это
 - гидрокарбонат
 - гидроокись
 - гидросульфатнатрия.

5. В свободном виде усваивается полезный компонент
 - азотных
 - калийных
 - фосфорныхминеральных удобрений.

6. Наименее эффективным фосфорным минеральным удобрением является
 - преципитат
 - фосфоритная мука
 - двойной суперфосфат.

7. Связи электростатической природы в полимерах существуют между
 - мономерами
 - макромолекулами
 - мономерами и макромолекулами.

8. Кремния не содержат
 - смешанные
 - неорганические
 - органическиеполимеры.

9. Каким сырьем являются природные полимеры?
 - растительным
 - животным
 - растительным и животным.

10. Какие полимеры являются естественными?
 - природные
 - искусственные
 - природные и искусственные.

11. Полимеры уступают металлическим конструкционным материалам по своим
 - эксплуатационным
 - механическим
 - эксплуатационным и механическим свойствам.
12. Пластификаторы улучшают
 - эксплуатационные
 - технологические
 - эксплуатационные и технологические свойства пластмасс.
13. Отвердители изменяют
 - механические
 - технологические
 - эксплуатационные свойства пластмасс.
14. Какие термопластичные пластмассы не являются химически стойкими?
 - полиуретаны
 - полиэтилен и полипропилен
 - полиамиды.
15. Смолы – это основа (связующее)
 - термопластов
 - реактопластов
 - термопластов и реактопластов.
16. Свойства термореактивных пластмасс обусловлены видом их
 - связующего
 - отвердителя
 - наполнителя.
17. Смолы – основа (связующее) пластмасс с
 - порошковым
 - порошковым и волокнистым
 - порошковым, волокнистым и слоистым наполнителем.
18. По материалу наполнителя выделяют
 - виды
 - группы
 - виды и группы термореактивных пластмасс.
19. Газонаполненными пластмассами с замкнутой пористой структурой являются
 - поропласты
 - пенопласты
 - поропласты и пенопласты.

20. Виды химических волокон выделяют по
- названию
 - происхождению
 - названию или происхождению полимера, из которого они получены.
21. Группы химических волокон выделяют по
- происхождению
 - названию
 - происхождению или названию полимера, из которого они получены.
22. Химические волокна превосходят натуральные по своим
- технологическим
 - эксплуатационным
 - технологическим и эксплуатационным свойствам.
23. Синтетические каучуки превосходят натуральный каучук по своим
- эксплуатационным
 - технологическим
 - эксплуатационным и технологическим свойствам.
24. Амортизационная способность резины – это её
- механическое свойство
 - технологическое свойство
 - эксплуатационное свойство.
25. Сырьем для изготовления резин являются
- натуральные
 - синтетические
 - натуральные и синтетические каучуки.
26. Наибольшее октановое число имеют
- авиационные
 - автомобильные
 - тракторные бензины.
27. Регламентируется кислотность и щелочность
- карбюраторного
 - дизельного
 - карбюраторного и дизельного топлива.
28. Для смазки не используют
- турбинное масло
 - трансформаторное масло
 - моторное масло.

29. Жидкими по агрегатному состоянию являются

- смазочные масла
- консистентные смазки
- смазочные масла и консистентные смазки.

по разделу 3.4

1. Строительные материалы применяются для ремонта

- жилых
- производственных
- жилых и производственных

зданий.

2. Строительные материалы используются как

- готовые материалы производственного назначения
- конструкционные материалы
- готовые материалы производственного назначения и как конструкционные материалы.

3. Материалом дорожных покрытий является

- бутовый
- бортовой
- бутовый и бортовой

камень.

4. Штучные изделия из природных каменных материалов не получают

- дроблением
- фрезерованием
- шлифованием.

5. Колонны из природных каменных материалов – это

- штучные
- профилированные
- штучные профилированные

изделия.

6. Какому методу формообразования не поддаются природные каменные материалы?

- литье
- давление
- механическая обработка.

7. Огнестойкими должны быть каменные материалы, используемые для

- кладки
- наружной отделки
- внутренней отделки

зданий.

8. В качестве заполнителя при производстве бетона используется (используются)

- щебень
- гравий
- щебень и гравий.

9. Куски осадочных пород размерами не более 500 мм образуют
- щебень
 - бутовый камень
 - гравий.
10. Искусственным строительным материалом является
- песок
 - гравий
 - щебень.
11. Стеновыми керамические материалы считаются по
- структуре
 - температуре плавления
 - назначению.
12. Санитарно-технические изделия изготавливаются из
- черепицы
 - фарфора
 - фаянса.
13. Пористые и плотные керамические материалы разделяются по величине водопоглощения, равной
- 5
 - 10
 - 15
- процентам от массы.
14. Преимущество (преимущества) керамических материалов – это
- низкая паропроницаемость
 - низкая паропроницаемость и достаточная прочность
 - низкая паропроницаемость, достаточная прочность и доступность сырья.
15. Минеральные вяжущие вещества не используются при изготовлении
- керамического
 - силикатного
 - керамического и силикатного
- кирпича.
16. По окончании процесса схватывания минеральное вяжущее вещество превращается в
- естественный
 - искусственный
 - естественный или в искусственный
- камень.
17. К воздушным минеральным вяжущим веществам не относится
- известь
 - цемент
 - гипс.

18. Бетоны получают с помощью
- воздушных
 - гидравлических
 - воздушных и гидравлических минеральных вяжущих веществ.
19. Несущие конструкции зданий делаются из
- тяжелых
 - легких
 - тяжелых и легких бетонов.
20. Железобетонные строительные конструкции могут быть
- сборными
 - монолитными
 - сборными и монолитными.
21. На строительных комбинатах изготавливаются
- монолитные
 - сборные
 - монолитные и сборные железобетонные конструкции.
22. Экономичными строительными материалами бетон и железобетон являются с точки зрения их
- изготовления
 - использования
 - изготовления и использования.
23. Сырьем для изготовления силикатного кирпича является (являются)
- глина
 - песок
 - глина и песок.
24. Менее энергоемкой, по сравнению с производством керамических материалов, является технология изготовления силикатного
- кирпича
 - бетона
 - кирпича и бетона.
25. Асбестоцемент – это материал на основе
- асбеста
 - цемента
 - асбеста и цемента.
26. Стекло – это
- природный
 - искусственный
 - синтетический строительный материал.

27. Обработке давлением стекло поддается
- в горячем состоянии
 - в холодном состоянии
 - как в горячем, так и в холодном состоянии.
28. Герметизированное внутреннее пространство имеют
- стеклопакеты
 - стеклоблоки
 - стеклопакеты и стеклоблоки.
29. Для остекления окон используют
- стеклоблоки
 - стеклопакеты
 - стеклоблоки и стеклопакеты.
30. При разрушении не рассыпается
- триплекс
 - армированное стекло
 - триплекс и армированное стекло.
31. Жаростойким является
- матовое стекло
 - кварцевое стекло
 - увиолевое стекло.
32. Преимуществом (преимуществами) шлакоситаллов является (являются)
- экономичность
 - экономичность и высокая коррозионная стойкость
 - экономичность, высокая коррозионная стойкость и высокая износостойкость.
33. Специфическим физическим свойством древесины, как конструкционного материала, является
- теплопроводность
 - влажность
 - плотность.
34. В относительных показателях измеряется (измеряются)
- пористость древесины
 - влажность древесины
 - пористость и влажность древесины.
35. Токарной обработкой получают
- брёвна
 - пиломатериалы
 - брёвна и пиломатериалы.
36. Горбыль – это
- бревно
 - доска
 - брус.

37. Для изготовления клеёных древесных конструкций не используют

- брусья
- доски
- рейки.

38. Клеёными листовыми древесными материалами являются

- столярные
- древесно-стружечные
- древесноволокнистые
плиты.

по разделу 3.5

1. Создание композиционных материалов обусловлено развитием

- техники
- технологии
- техники и технологии.

2. При создании композиционного материала оговаривается (оговариваются)

- состав
- состав и форма
- состав, форма и распределение
его компонентов.

3. Фазой (фазами) композиционного материала является (являются)

- армирующий компонент
- матрица
- армирующий компонент и матрица.

4. Композиционный материал однороден

- в микромасштабе
- в макромасштабе
- как в микро-, так и в макромасштабе.

5. На дисперсно-упрочненные и волокнистые композиционные материалы делятся по

- размеру
- геометрической форме
- составу
своей упрочняющей фазы.

6. Матрицей дисперсно-упрочненных композиционных материалов являются

- металлы
- сплавы металлов
- металлы и их сплавы.

7. Детали ядерной техники изготавливаются из дисперсно-упрочненных композитов с матрицей из

- бериллия
- бериллия и кобальта
- бериллия, кобальта и стали.

8. Упрочняющая фаза волокнистых композиционных материалов имеет преобладающий размер (преобладающие размеры) в
 - одном
 - двух
 - одном или в двух направлениях.
9. Волокнистые композиты разделяют по
 - материалу
 - количеству преобладающих размеров
 - материалу и количеству преобладающих размеров.
10. Металлы могут быть материалом
 - матрицы
 - армирующей фазы
 - матрицы и армирующей фазыволокнистых композиционных материалов.
11. Прочность дисперсно-упрочненных композитов определяется прочностью
 - матрицы
 - армирующего компонента
 - матрицы и армирующего компонента.
12. Анизотропия механических свойств волокнистых композиционных материалов обусловлена
 - количеством
 - материалом
 - ориентированностьюволокон армирующего компонента.
13. При изготовлении волокнистых композитов в жидкой фазе может находиться материал
 - матрицы
 - упрочняющего компонента
 - матрицы и упрочняющего компонента.
14. Название материала упрочняющей фазы в названиях волокнистых композиционных материалов
 - не указывается
 - указывается последним
 - указывается первым.
15. Какого волокнистого композиционного материала не существует?
 - боромагния
 - бороуглерода
 - бороалюминия.
16. Нанокompозиты относят
 - к дисперсно-упрочненным
 - к волокнистым
 - как к дисперсно-упрочненным, так и к волокнистым композиционным материалам.

Литература

1. Адашкин А.М. Материаловедение в машиностроении. В 2 ч. Части 1 и 2: учебник для академического бакалавриата / А.М. Адашкин, Ю.Е. Седов, А.К. Онегина, В.Н. Климов. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 258 с. и 291 с.
2. Багров Н.М., Трофимов Г.А., Андреев В.А. Основы отраслевых технологий: Учебное пособие. – Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. – 256 с.
3. Зарецкий А.Д., Иванова Т.Е. Промышленные технологии и инновации: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.
4. Орехов В.Н. Системы технологий. Программа курса, практикум, рекомендации для выполнения технологической части дипломных проектов и работ. – Харьков: Издательский дом «ИНЖЭК», 2005. – 197 с.
5. Основы отраслевых технологий и организации производства: Учебник / Ю.М. Аносов, Л.Л. Бекренев, В.Д. Дурнев, Г.Н. Зайцев, В.А. Салтыков, В.К. Федюкин. Под ред. В.К. Федюкина. – СПб.: Политехника, 2010. – 312 с.
6. Перминов Н.А. Материаловедение и технология конструкционных материалов для нетехнических направлений обучения: учебное пособие / Н.А. Перминов. – Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2016. – 139 с.
7. Солнцев Ю.П., Ермаков Б.С. Пирайнен В.Ю. Технология конструкционных материалов: Учебник для вузов. – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2017. – 504 с.
8. Технология важнейших отраслей промышленности: Учебник для экономических специальностей вузов / А.М. Гинберг, Б.А. Хохлов, И.П. Дрякина и др.; Под ред. А.М. Гинберга и Б.А. Хохлова. – М.: Высшая школа, 1995. – 496 с.

ОТВЕТЫ НА ТЕСТЫ

Для каждого вопроса теста правильным является *один вариант ответа из трех*, считая эти варианты *сверху вниз* по тексту данного вопроса.

Введение и тема 1

1(2), 2(3), 3(3), 4(2), 5(2), 6(3), 7(3), 8(3), 9(1), 10(1), 11(2), 12(1), 13(1), 14(3), 15(1), 16(1), 17(2), 18(2), 19(2), 20(2), 21(2), 22(3), 23(2), 24(3), 25(2), 26(2), 27(1).

Раздел 2.1 темы 2

1(2), 2(3), 3(1), 4(3), 5(2), 6(1), 7(3), 8(1), 9(3), 10(2), 11(2), 12(3), 13(3), 14(3), 15(3), 16(3), 17(2), 18(2), 19(2), 20(3), 21(3), 22(2), 23(3), 24(1), 25(3), 26(1), 27(2), 28(2), 29(2), 30(3), 31(3), 32(2), 33(2), 34(3).

Разделы 2.2 – 2.3 темы 2

1(1), 2(3), 3(2), 4(2), 5(1), 6(2), 7(2), 8(1), 9(2), 10(2), 11(2), 12(2), 13(3), 14(3), 15(2), 16(3), 17(1), 18(2), 19(3), 20(3), 21(3), 22(3), 23(2), 24(2), 25(2), 26(3), 27(3), 28(3).

Раздел 3.1 темы 3

1(3), 2(3), 3(3), 4(2), 5(2), 6(2), 7(2), 8(3), 9(2), 10(1), 11(3), 12(2), 13(1), 14(3), 15(2), 16(3), 17(3), 18(2), 19(1), 20(2), 21(2), 22(1), 23(2), 24(2), 25(1).

Подраздел 3.2.1 раздела 3.2 темы 3

1(1), 2(1), 3(3), 4(1), 5(1), 6(2), 7(3), 8(1), 9(2), 10(1), 11(2), 12(1), 13 (1), 14(3), 15(2), 16(1), 17(3), 18(3), 19(3), 20(2), 21(2), 22(1), 23(3), 24(3), 25(3).

Подразделы 3.2.2 – 3.2.3 раздела 3.2 темы 3

1(2), 2(1), 3(3), 4(2), 5(2), 6(2), 7(3), 8(1), 9(3), 10(2), 11(3), 12(2), 13(3), 14(1), 15(2), 16(2), 17(3), 18(3), 19(1), 20(2), 21(3), 22(2), 23(2), 24(2), 25(2), 26(2), 27(2), 28(3).

Раздел 3.3 темы 3

1(2), 2(2), 3(1), 4(1), 5(1), 6(2), 7(2), 8(3), 9(3), 10(3), 11(2), 12(2), 13(2), 14(3), 15(2), 16(3), 17(3), 18(1), 19(2), 20(1), 21(1), 22(2), 23(3), 24(3), 25(3), 26(1), 27(3), 28(2), 29(1).

Раздел 3.4 темы 3

1(3), 2(3), 3(2), 4(1), 5(2), 6(2), 7(3), 8(3), 9(2), 10(3), 11(3), 12(3), 13(1), 14(3), 15(1), 16(2), 17(2), 18(2), 19(1), 20(3), 21(2), 22(3), 23(2), 24(1), 25(2), 26(2), 27(1), 28(3), 29(2), 30(3), 31(2), 32(3), 33(2), 34(3), 35(1), 36(2), 37(3), 38(1).

Раздел 3.5 темы 3

1(1), 2(3), 3(3), 4(2), 5(2), 6(3), 7(3), 8(3), 9(3), 10(3), 11(1), 12(3), 13(2), 14(3), 15(2), 16(2).

Учебное издание

Иванов Валерий Александрович

Системы технологий отраслей экономики

Учебное пособие

Редакторы, корректоры:

Подписано в печать 05.06.2019. Формат 60 x 84 ¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л.

Тираж 30 экз. Заказ №

Издательский центр «Удмуртский университет»
426034, Ижевск, Университетская, д. 1, корп. 4, каб. 207
Ntk/ | afrc^ + 7 (3412) 500-295? E-mail^ editorial@udsu.ru