

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

ОСНОВЫ ОТРАСЛЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Учебно-методическое пособие



Ижевск
2026

УДК 338.3(075.8)
ББК 65.291.57я73
О-753

Рекомендовано к изданию Учебно-методическим советом УдГУ

Рецензент: канд. экон. наук, доцент каф. управления социально-экономическими системами Института экономики и управления ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет» **И. А. Семенова**

Составитель: Иванов В. А.

О-753 Основы отраслевых технологий : учеб.-метод. пособие / сост.:
В. А. Иванов. – Ижевск : Удмуртский университет, 2026. – 1,8 Мб. –
Текст : электронный.

Учебно-методическое пособие содержит теоретические сведения о системной организации производственно-технологической базы национальной экономики и об основных ресурсах хозяйственной деятельности предприятий её отраслей – природном сырье, воде, энергии и промышленных материалах. Тесты и контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к сдаче текущих форм контроля по дисциплине обеспечивают получение необходимой компетенции обучающимися по профессиональной образовательной программе специальности «Экономическая безопасность».

Минимальные системные требования:

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше, 8x DVD-ROM
разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

© Иванов В. А., сост., 2026

© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет, 2026

Основы отраслевых технологий
Учебно-методическое пособие

Подписано к использованию 03.07.2026

Объем электронного издания 1,8 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021

Тел. : +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru

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 *быстрее, а, значит, и 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 «Основы отраслевых технологий»* является формирование у студентов *целостного, и потому правильного и полного представления о производственной базе* сегментов национальной экономики – промышленности, агропрома, сферы услуг, транспорта и т. д. – как о *системах*, обладающих иерархией, структурой, функциями (задачами), возможностями и ограничениями.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов первого курса, обучающихся по образовательной программе *специальности «Экономическая безопасность»* укрупненной группы направлений **38. Экономика и управление высшего профессионального образования**. Для указанной профессиональной образовательной программы данное пособие ориентировано на *частичное* формирование у обучающихся общепрофессиональной компетенции ОПК-4 – способности разрабатывать и принимать экономически и финансово обосно-

ванные организационно-управленческие решения, планировать и организовывать профессиональную деятельность, осуществлять контроль и учет ее результатов.

Учебно-методическое пособие является теоретической основой дисциплины «Основы отраслевых технологий» и предназначено для подготовки студентов к сдаче текущих форм контроля по предмету – тестированию и письменному опросу по лекционным темам, а также к защите выполненных индивидуальных практических заданий по дисциплине и к сдаче семестрового экзамена по ней.

Кроме данного пособия учебно-методический комплекс дисциплины «Основы отраслевых технологий» включает *практикум* – сборник заданий, выполняемых по индивидуальным вариантам, и *рабочую тетрадь* – совокупность табличных и текстовых форм, в которых эти выполненные практические задания оформляются.

1. ЭКОНОМИКА КАК СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ

1.1. Определение технологической системы и структура её первичного звена

Термин, вынесенный в название первой темы 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 (добычи) ресурсов природы с целью их последующей переработки в предметы потребления и в средства производства*.

Решение же последней задачи – **производства** как потребительских благ, так и орудий труда – требует *сведёния* (комбинации, сборки) необходимых для этого *технологий* преобразования используемого сырья 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*. Если элементы системы сами являются сложными образованиями, их называют *подсистемами*.

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 **сложным образованиям** (системе или подсистеме), ею (им) **не обладает** элемент системы (подсистемы).

Первичным звеном технологических систем любого иерархического уровня (об этом далее) является **технологическая система операции** – совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (технологического комплекса), предметов производства и исполнителей, необходимая для выполнения в регламентированных условиях производства функции данной системы – **технологической операции**.

Из этого определения следует, что **интегративным свойством** данной технологической системы является **одна технологическая операция**. Технологическая операция представляет собой элементарное (одно, см. выше) действие, выполняемое на **одном** же рабочем месте и характеризуемое **постоянством предмета производства, технологического комплекса и характера воздействия на предмет производства**. Преходящим же компонентом в данной системе является исполнитель. В итоге **рабочее место**, как **структура технологической системы операции**, включает в себя всегда **три** элемента и выглядит следующим образом (рис. 1.1):

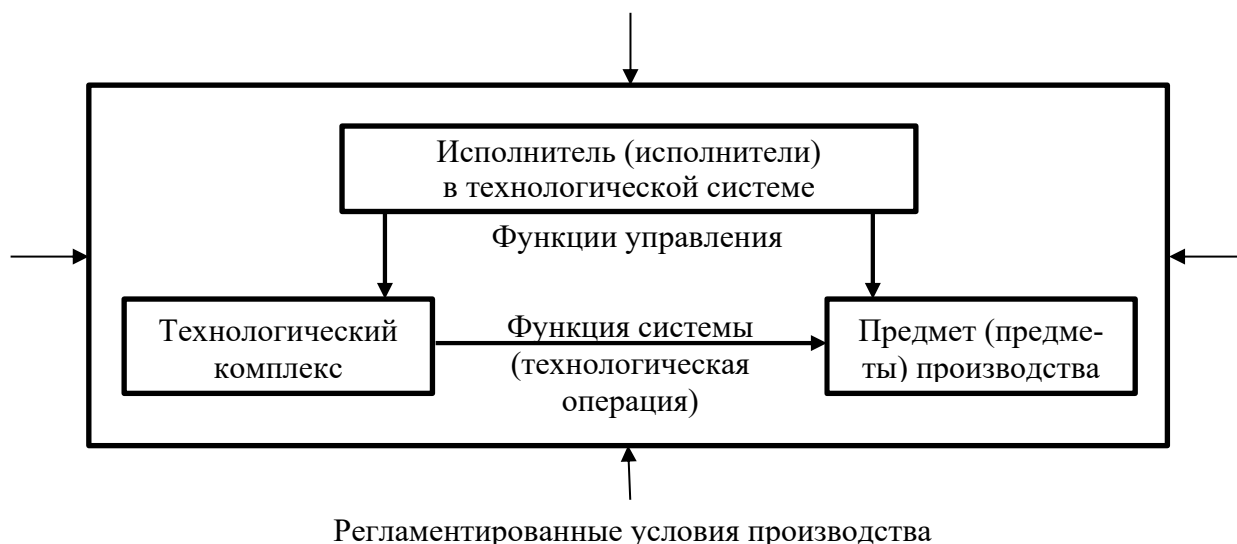


Рис. 1.1. Структура технологической системы операции

- функционально взаимосвязанные между собой средства технологического оснащения (орудия труда, оборудование конкретного вида и количества), образующие *технологический комплекс* – главный элемент любой технологии (её основные производственные фонды). Почему орудия труда во множественном числе – потому что существует *многостаночное обслуживание*;

- *предмет (предметы) производства* – исходное для данной технологической системы сырьё, подлежащее внутри неё преобразующему воздействию в соответствии с выполняемой технологической операцией. Аналогично, если на ней этому воздействию подвергается более одного подобного предмета, оно (это преобразующее воздействие) называется *многопредметная обработка*. Предметами производства могут быть *материалы, заготовки, полуфабрикаты и комплектующие изделия*. Материал – это *исходный* предмет производства, потребляемый для изготовления **более чем одного** изделия (мука, необходимая для выпечки хлеба, или ткань для пошива одежды). Заготовка – это *промежуточный* предмет производства, из которого изготавливается **одна** деталь или **одно** изделие (кусок листа металла, из которого штампуется один капот автомобиля, или поковка будущего одного же зубчатого колеса). Полуфабрикаты – это заготовки, поступающие на предприятие-потребитель *извне*. Например, если завод имеет свой 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 данной системе функции управления по отношению к технологическому комплексу и к предмету (предметам) производства (см. рис. 1.1). В системах технологий *любого* иерархического уровня этот человек всегда называется **одинаково** – **основной рабочий**. Если функции управления ходом технологической операции осуществляются группой людей, структура такой операции называется

коллективное (но принципиально, как было сказано выше, всегда *одно!*) *рабочее место* (забой, где трудится шахтерская вахта, стройплощадка, где работает бригада строителей и т. д.).

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

1.2. Технологический процесс как функция одноименной технологической системы

Как элементы, точнее, подсистемы (см. рис. 1.1) технологические системы операций «собираются» в систему *следующего (второго)* иерархического уровня – *технологическую систему процесса*. Функцией (интегративным качеством, см. раздел 1.1) данной технологической системы является *технологический процесс*, или (краткая форма) – *технология*. Как совокупность технологических операций он (она) может относиться либо к *одному виду воздействия на предмет производства*, либо к *одному виду изготавливаемой продукции*. Одной из самых представительных отраслей национальной экономики в этом плане является *машиностроение* (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Технологические процессы (технологии) машиностроения

По методу преобразования предмета (предметов) производства (как делается)	По виду получаемой из него (из них) продукции (что делается)
Технологии формообразования (литье, обработка давлением, сварка)	Детали
Технологии окончательной обработки (обработка резанием, термообработка, нанесение покрытий, электрофизическая обработка)	
Технологии сборки (разъемные и неразъемные соединения)	Сборочные единицы
	Узлы
	Изделия

Безотносительно отраслей экономики существует *классификация технологических процессов* по следующим признакам. 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, скажем, в зоне сварки или пайки материалов – их *пластичность* и *прочность*. Главную группу физико-механических технологий составляют технологические процессы машиностроения (левый столбец таблицы 1.1).

Но не только. С помощью, например, механической обработки *древесины* (распиловки, строгания, сверления) из неё изготавливают мебель, из смеси *цемента и волокон асбеста* термообработкой и обработкой давлением получают безобжиговые строительные изделия (водопроводные трубы, облицовочные плиты, кровельные материалы) и так далее.

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

Биологические технологические процессы более правильно было бы называть *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 процессы выплавки чугуна в доменной печи и изготовления 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 домы *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, наоборот, непостоянны и неустойчивы как раз по причине 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 использования предмета производства*** различают технологические процессы с *разомкнутой (открытой)*, *замкнутой (круговой, циркуляционной, циклической)* и *комбинированной (смешанной)* схемой. В процессах с *разомкнутой схемой* исходное сырье подвергается ***однократному*** использованию (***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. Такие *однократно* используемые предметы производства называются ***основными материалами***.

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 оборотное 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 высокотемпературный 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. Такие, используемые уже *неоднократно*, предметы производства называют **вспомогательными материалами**.

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 как *основные материалы*, а другие как катализаторы (*вспомогательные материалы*) 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 компоновки оборудования.

1.3. Иерархия технологических систем

Технологические системы *следующего (третьего по счету, см. разделы 1.1–1.2) иерархического уровня «собираются»* из двух предыдущих (табл. 1.2):

Таблица 1.2

Технологические системы производственного подразделения

Функция	Подсистемы	Структура (название и состав элементов производственного подразделения)
Один технологический процесс (<i>одна технология</i>)	Технологические системы <i>операций</i>	Производственный участок (совокупность <i>рабочих мест</i>)
Несколько технологических процессов (<i>несколько техно-логий</i>)	Технологические системы <i>процессов</i>	Цех (совокупность <i>производственных участков</i>)

Заданные в рамках того или иного производственного подразделения и реализуемые им **операции** (*производственный участок*, см. табл. 1.2) или **технологические процессы** (*цех*, там же), могут относиться как к одному виду *воздей-*

ствия на предмет производства (левый столбец таблицы 1.1), так и к одному виду изготавливаемой продукции (правый столбец той же таблицы).

Примеры тех и других видов *специализации* приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3

**Примеры специализации
технологических систем производственных подразделений**

Название технологической системы производственного подразделения	Её специализация	
	по методу преобразования предмета (предметов) производства	по виду изготавливаемой продукции
Производственный участок	Участок лазерной резки материалов	Участок изготовления зубчатых колес
Цех	Механический цех (токарный, фрезерный, сверлильный и шлифовальный производственные участки)	Цех минеральных удобрений (участки производства азотных, фосфорных и калийных удобрений)

Наконец к *последнему, четвертому* иерархическому уровню технологических систем относится *технологическая система предприятия*, состоящая из технологических систем его производственных подразделений, структурно представленных *только цехами*. Заводов, как совокупности производственных участков или рабочих мест, не бывает.

В подавляющем большинстве случаев *интегративным свойством (эмерджентным качеством) предприятия*, как технологической системы, является специализация по виду изготавливаемой продукции (см. табл. 1.3).

Графическая интерпретация описанной иерархии технологических систем представлена на рисунке 1.2, где жирной стрелкой показан случай формирования структуры конкретного производственного подразделения – производственного участка – из рабочих мест (смотри среднюю строку таблицы 1.2).

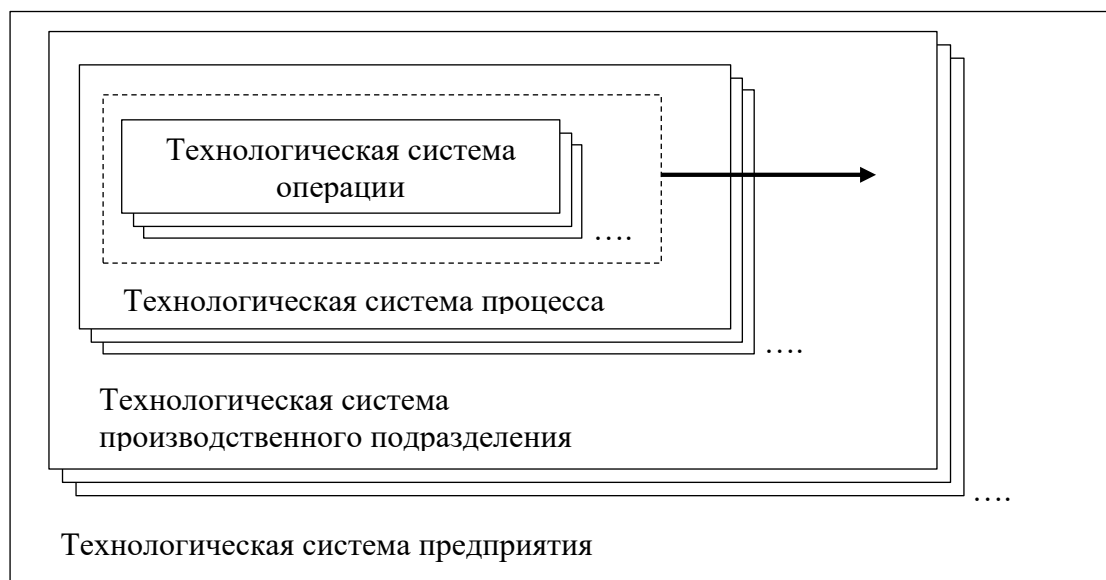


Рис. 1.2. Соотношение иерархических уровней технологических систем

Данная иерархия – атрибут *нормативно-правовой базы производственной деятельности*, в частности, Государственного стандарта (ГОСТа) Союза ССР, действующего и поныне [1]. В *учебной же литературе* [3; 5] к описанным четырем иерархическим уровням технологических систем 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*, но с использованием *разных технологических процессов*.

Вопросы для самоконтроля

1. Как соотносятся между собой понятия «научно-технический прогресс» и «технологический прогресс», и почему сейчас более актуальным является второе? Цель изучения дисциплины. Сущность понятий «технологическая культура» и «технологическое мышление». Какое из них является более важным, и почему? Что такое «технологический уклад»? Является это понятие синонимом термина «система технологий», или нет? Объясните свой ответ.

2. Сущность и этимология понятия «технология». Содержание терминов «система», «структура», «связь», «элемент», «подсистема», «интегративность» и их соотношение. Почему технологии обязательно должны быть «собранны» в систему? Какое эмерджентное качество присуще любой системе технологий?

3. Роль и определение технологической системы операции, её функция, структура, элементы, внутренние и внешние связи. Что такое «технологическая операция»? Какие её составляющие, а также выполняемые в рамках технологической операции действия, являются постоянными, а какие нет? Какой её элемент является главным, и почему? Приведите пример (не из лекций) коллективного рабочего места.

4. Содержание понятий «технологический комплекс» и «предмет производства» с их разновидностями. Что такое «исполнитель в технологической системе» и «регламентированные условия производства»? Как будут называться функции управления (см. рис. 1.1), если: а) технологический комплекс состоит из более чем одной единицы орудий труда; б) в рамках заданной технологической операции одновременно осуществляется преобразование более чем одного предмета производства?

5. Как называется технологическая система второго иерархического уровня, и что является её интегративным свойством? Соотношение понятий «технологический процесс», «технология» и «операция». Одна функция и две цели технологической системы процесса. Три признака (только наименования!) классификации технологических процессов.

6. Сущность и примеры физико-механических, химических и биологических технологических процессов. Какие из них одинаково изменяют состояние предмета производства (привести конкретные примеры)? Какие технологические процессы первого классификационного признака являются экономически наиболее, а какие – наименее выгодными? Объясните свой ответ на последний вопрос.

7. Сущность и примеры дискретных и непрерывных технологических процессов. Как они соотносятся между собой по количеству, а также по своей экономической привлекательности и технической осуществимости? В чем заключается привлекательность автоматизации производства? Дискретным или непрерывным является, например, образовательный процесс?

8. Комбинированные технологические процессы. Как именно в них последовательно и параллельно сочетаются рабочие и нерабочие действия (пояснить на примерах). Преимущества непрерывных технологических процессов перед дискретными и полунепрерывными. Какое из них является самым главным, и почему?

9. Технологические процессы с разомкнутой, замкнутой и комбинированной схемой, их сравнительная экономическая и техническая характеристика. Основные и вспомогательные материалы как предметы производства. Расход какого (каких) из них уменьшается при переходе к технологическим процессам с круговой схемой?

10. Как называется технологическая система третьего иерархического уровня? Две её разновидности, их состав, интегративные свойства и структуры (элементы и названия). Что такое специализация? Приведите свои (не из таблицы 1.3) примеры технологических систем производственных подразделений, специализирующихся на одном виде воздействия на предмет производства и на одном виде изготавливаемой продукции.

11. Технологическая система четвертого иерархического уровня, её структура и интегративное качество. Может ли цех иметь структуру из рабочих мест? Может ли структура предприятия состоять из производственных участков, как из элементов? Чем отличается иерархия технологических систем, приводимая в учебной литературе, от нормативно-правовой трактовки этой иерархии?

12. Назовите структурные единицы, соответствующие пяти иерархическим уровням технологических систем. Какой технологической системой является отрасль национальной экономики – относящейся к одному виду воздействия на предмет труда, к одному виду изготавливаемой продукции, или к тому и к другому? Как может называться технологическая система (система технологий) следующего, шестого уровня?

Тесты

1. Наиболее эффективным путем развития современной экономики является _____ прогресс.

- а) научно-технический;
- б) технологический;
- в) общественно-политический.

2. Технология изучает способы получения и переработки продуктов природы в:

- а) предметы потребления;
- б) средства производства;
- в) предметы потребления и средства производства.

3. Какое понятие является наиболее емким?

- а) структура;
- б) связь;
- в) система.

4. Условия производства регламентируются _____ технологической системы операции.

- а) внутри;
- б) снаружи;
- в) внутри и снаружи.

5. Главным элементом технологической системы операции является:

- а) исполнитель;
- б) технологический комплекс;
- в) предмет труда.

6. В технологической системе преобразующее воздействие в соответствии с заданным технологическим процессом (операцией) осуществляется по отношению к _____ труда.

- а) орудиям;
- б) предметам;
- в) орудиям и предметам.

7. Поставляемые на завод со стороны предметы труда, изготовленные с применением сборочных операций, называются:

- а) комплектующими изделиями;
- б) заготовками;
- в) полуфабрикатами.

8. Какими предметами производства являются приобретаемые заводом по изготовлению садово-огородного инструмента черенки лопат?

- а) комплектующими изделиями;
- б) полуфабрикатами;
- в) материалами.

9. Действия по изменению состояния предмета производства называются:

- а) производственным процессом;
- б) технологическим процессом;
- в) технологическим прогрессом.

10. Функции управления в технологической системе операции поручены:

- а) основному рабочему;
- б) технологическому комплексу;
- в) основному рабочему и технологическому комплексу.

11. Действия по изменению состояния предмета производства, выполняемые на одном рабочем месте, называются _____ технологического процесса.

- а) стадией;
- б) операцией;
- в) этапом.

12. При физико-механическом воздействии на предмет производства не изменяется (не изменяются):

- а) агрегатное состояние его материала;
- б) физические свойства его материала;
- в) его размеры.

13. Новые вещества не возникают при _____ воздействии на предмет производства.

- а) химическом;
- б) биологическом;
- в) физико-механическом.

14. Химические технологические процессы характеризуются изменением _____ материала предмета производства.

- а) физических свойств;
- б) агрегатного состояния;
- в) физических свойств и агрегатного состояния.

15. Биокосное вещество – продукт _____ технологического процесса.

- а) химического;
- б) биологического;
- в) химического или биологического.

16. Полное совмещение во времени действий по преобразованию предмета производства и действий по подготовке этого преобразования имеет место в _____ технологических процессах.

- а) непрерывных;
- б) комбинированных;
- в) дискретных.

17. Непрерывным технологическим процессом (непрерывными технологическими процессами) является (являются):

- а) механическая обработка;
- б) перегонка нефти;
- в) механическая обработка и перегонка нефти.

18. В комбинированных технологических процессах действия по загрузке, выгрузке и преобразованию предмета производства:

- а) не совмещаются;
- б) совмещаются частично;
- в) совмещаются полностью.

19. Минимальная продолжительность производственного цикла – преимущество _____ технологических процессов.

- а) дискретных;
- б) непрерывных;
- в) комбинированных.

20. Неоднократное использование предметов труда – атрибут технологических процессов с _____ схемой.

- а) комбинированной;
- б) замкнутой;
- в) разомкнутой.

21. Совокупность технологических систем операций, относящихся к одному виду изготавливаемой продукции, образует технологическую систему:

- а) производственного подразделения;
- б) предприятия;
- в) процесса.

22. Иерархические уровни технологических систем выделены по степени возрастания сложности:

- а) их структуры;
- б) выполняемых ими функций;
- в) их структуры и выполняемых ими функций.

23. Рабочие места не являются единицей структуры:

- а) предприятия;
- б) производственного участка;
- в) цеха.

24. Совокупность производственных участков образует:

- а) цех;
- б) предприятие;
- в) цех и предприятие.

25. Технологической системой не называют совокупность технологических систем:
а) предприятий;
б) производственных подразделений;
в) процессов.

26. Группа рабочих мест называется:
а) производственным участком;
б) предприятием;
в) производственным участком и предприятием.

27. Упаковочный цех кондитерской фабрики – это технологическая система производственного подразделения, относящаяся к одному виду:
а) изготавливаемой продукции;
б) воздействия на предмет труда;
в) изготавливаемой продукции и воздействия на предмет труда.

28. Совокупность технологических систем предприятий образует _____
_____ отрасли национальной экономики.
а) технологическую систему;
б) систему технологий;
в) технологическую систему или систему технологий.

29. Государственный стандарт выделяет _____ иерархических уровня (уровней) технологических систем.
а) три;
б) четыре;
в) пять.

30. Отрасль национальной экономики – это совокупность предприятий, объединенных общностью:
а) выпускаемой продукции;
б) используемых технологий;
в) выпускаемой продукции и используемых технологий.

Литература

1. ГОСТ 27.004–85 Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – Москва: СТАНДАРТИНФОРМ, 2012. – 13 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. 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. Васильева, И. Н. Экономические основы технологического развития: учебное пособие для вузов. – Москва: Банки и биржи, ЮНИТИ, 1995. – 160 с.
5. Современные системные технологии в отраслях экономики: учебное пособие / Ш. М. Валитов, Ю. И. Азимов, В. А. Павлова. – Москва: Проспект, 2025. – 504 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. – Москва: Высшая школа, 1995. – 496 с.

2. 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 (целью) 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 – атмосферный 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 2 500 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*. Их мировое потребление огромно – в год с каждого квадратного километра земной суши добывают в среднем 13 тонн минерального сырья.

Это 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.), *редких* (ванадий, молибден, вольфрам и др.) и *благородных* (золото, серебро и платина) 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 больших затрат на промышленную добычу и переработку металлических руд.

Нерудное минеральное (минерально-химическое) сырье

Источник получения *неметаллов* (серы, фосфора и др.), *солей* (каустической соды, едкого натра), *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 появившихся 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 образо-

вались в результате инициированных 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 стройматериалов *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 *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 в нем (топливе) 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, шерсть, кожу, 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 *живых* видов сырья – *сезонность добычи*, связанная с вегетационным периодом (периодом роста и развития растений и животных), что не свойственно сы-

рыю, например, минеральному, добыча которого может производиться 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 любой 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 полезного ископаемого, или *разработке* месторождения.

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 открытой добыче 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 обустройство 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 **твёрдого** 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 бóльшим** 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 **твёрдого** 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 измельчении 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 (*грохотá*) 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 способом 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 и 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 ростом 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), бактерии, а также 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 гигантскими объемами именно промышленного водопотребления. Так, в объеме годового забора и 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 *накипь*. 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 на умягчаемую воду последовательно несколькими реагентами, можно устранить не только её 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 её *отстаивание* и *фильтрование*. Процесс *отстаивания* позволяет удалить из воды грубодисперсные 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 – рыб, животных, людей и т. д.;
- ухудшение качества вод объектов, используемых как источники питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения.

В свете сказанного актуальность решения проблемы 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 фильтрация*** (см. выше), а также ***обратный осмос*** – фильтрация 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 кислородом окислительных реакций. Аналогичными, по сути, методами являются *озонирование, хлорирование* и др., но только применяются они не для очистки, а для подготовки, и не технической воды, а питьевой.

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, из-за дороговизны 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 её промышленного водопотребления. Количественной оценкой данной проблемы является *стоимость пресной воды, потребляемой человечеством* – около 55 триллионов евро в год, или 60 % мирового ВВП. *Путь решения* этой двойной проблемы, тем не менее, один – *рациональное использование имеющихся на планете запасов пресной воды*. Какими же *техническими и экономическими* решениями его можно реализовать?

Технических решений два – переход на *маловодопотребляемые* и на *бесводные* технологические процессы. Примером первых является *оборотное водоснабжение*, когда вода на производственные нужды забирается только 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 или другого агрегатного состояния* – растворители, расплавы, газы, плазма и т. д.

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

2.3. Роль энергии в технологических процессах

Все технологии связаны с поглощением и выделением энергии, а также с её преобразованием из одного вида в другой. Виды энергии, применяемой в промышленности – электрическая, 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, а также электроэрозионная и лазерная обработка соответственно).

Получают электрическую энергию на *конденсационных (КЭС), гидравлических (ГЭС) и атомных (АЭС)* электростанциях. Источником получения электрической энергии является соответственно тепловая энергия сгораемого топлива, механическая (кинетическая) энергия воды и тепловая 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 атомов 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. Во-первых, 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. Во-вторых, 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 энергоресурсах – ГЭС, ветряные, приливные,

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 и др.) *низкотемпературными* (каталитическими, биохимическими и т. д.). Насколько перспективно данное направление, видно из таблицы 2.2 (высокотемпературными процессами в ней являются, конечно же, 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 или непроизводственные 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. Какие существуют характеристики сырья, и какую его значимость они определяют? Для изготовления какой продукции необходимо сырье – предметов потребления, средств производства, или того и другого? Для какой промышленности сырье само является продукцией? Классификация сырья (только признаки и наименования внутри них).

2. Разновидности минерального сырья, его отличия от сырья растительного и животного. Чем с экономической точки зрения – преимуществами или недостатками по сравнению с этими видами сырья – являются данные отличия? Чем определяется экономическая целесообразность извлечения из минерального сырья какого-либо его компонента?

3. Рудное минеральное сырье. Какой металл в наибольших объемах потребляется современной экономикой? В каком виде выгоднее извлекать металлы из руды – в виде химических соединений, или в чистом виде – и почему? В пустой породе металлы содержатся, или нет?

4. Нерудное минеральное сырье. Каким оно бывает по своему агрегатному состоянию (привести примеры)? Какие три процесса превращают изверженные горные породы в осадочные? Из каких горных пород образуются породы метаморфические?

5. Горючее минеральное сырье, его классификация и виды. Как название этого сырья соотносится с понятием «топливо»? Какому объему газообразного условного топлива соответствует теплота его сгорания, равная 29,3 МДж/м³?

6. Растительное и животное сырье, виды получаемой из него продукции. Чем с экономической точки зрения – преимуществами или недостатками по сравнению с сырьем минеральным – являются две его особенности, и в чем они заключаются? Тенденция использования растительного и животного сырья.

7. Сколько технологий включает производственная структура сырьевого комплекса? Добыча полезных ископаемых. Какое минеральное сырье – твердое, жидкое, газообразное или любое – добывают карьерным и шахтным способами?

8. Суть подготовки полезных ископаемых к обогащению и её технико-экономическая особенность. Какие виды сырья, согласно его классификации, подлежат этой подготовке? Какой технологией – физико-механической, химической или биологической – она является?

9. Цель, продукция и отходы обогащения. Способы обогащения твердого минерального сырья. Какой из этих механических способов можно назвать физико-механическим? Почему флотация – физико-химический, а не просто химический метод обогащения? Какой реагент используется при обжиге любых минералов?

10. Методы обогащения жидкого и газообразного природного сырья. Какими технологиями – физико-механическими, химическими или биологическими – они являются? Комплексное использование сырья.

к разделам 2.2–2.3

1. Пресная и соленая вода, их баланс и критерий. Одинаков или нет состав регламентируемых по содержанию примесей для технической и питьевой воды, и, если нет, то в чем разница? Поверхностные и подземные водные объекты. Масштабы промышленного водопотребления по отраслям экономики и по видам продукции.

2. Регламентированные показатели качества технической воды. Устраняема ли её неустраняемая жесткость? От какой воды – холодной, горячей, или от той и от другой – образуется накипь?

3. Способы умягчения воды. Какие их группы являются экономически наиболее выгодными, и почему? Способы очистки воды от механических примесей, их соотношение по стоимости и по качеству.

4. Чем загрязнена вода после её промышленного использования? В чем разница между терминами «промышленные сточные воды» и «рассредоточенный сток»? Как изменится характер вредного влияния промышленных сточных вод, если их сбрасывать в море или закачивать в подземные водные объекты?

5. Механические способы очистки промышленных сточных вод. В чем отличие обратного осмоса от электроосмоса? Какие физико-химические способы используются только для регенерации технической воды, а какие – еще и для обогащения полезных ископаемых? Химические способы очистки промышленных сточных вод. Какой реакцией – окислительной, восстановительной или окислительно-восстановительной – является аэрация?

6. Биологическая очистка промышленных сточных вод. Почему она применяется в комбинации с их механической и химической очистками? Рациональное использование воды. Какие решения – технические или экономические – более эффективны в решении данной проблемы?

7. Трансформация энергии в технологических процессах. Виды применяемой в промышленности энергии. Производственное использование электрической энергии. В чем разница между выплавкой материалов и их плавлением? Какая энергия необходима для осуществления процессов сборки изделий и их упаковки?

8. Способы получения электроэнергии. ТЭЦ (аббревиатуру расшифровать) – это какая электростанция – КЭС, ГЭС или АЭС? Производственное использование химической энергии. Где она вырабатывается?

9. Возобновляемые энергетические ресурсы и виды получаемой из них энергии. Рациональное использование энергии. Почему направления этого использования не касаются экономии химической энергии?

Тесты

по разделу 2.1

1. Сырье – это _____ производства.
а) продукт;
б) предмет;
в) продукт или предмет.
2. Сырье – это вещество _____ происхождения.
а) промышленного;
б) природного;
в) промышленного или природного.
3. Твердым сырье является по своему:
а) агрегатному состоянию;
б) происхождению;
в) агрегатному состоянию или происхождению.
4. Сырье промышленного происхождения может быть:
а) твердым;
б) твердым и жидким;
в) твердым, жидким и газообразным.
5. Полезные ископаемые – это _____ сырье.
а) минеральное;
б) растительное;
в) животное.
6. Растительным сырье является по своему:
а) происхождению;
б) агрегатному состоянию;
в) происхождению и агрегатному состоянию.

7. Неравномерно распределенным по поверхности Земли является _____ сырье.
- а) минеральное;
 - б) минеральное и животное;
 - в) минеральное, животное и растительное.
8. Металлы содержат (содержит):
- а) промышленные металлические руды;
 - б) нерудное минеральное сырье;
 - в) промышленные металлические руды и нерудное минеральное сырье.
9. Горючее минеральное сырье используется в качестве:
- а) сырья для химической промышленности;
 - б) топлива;
 - в) сырья для химической промышленности и топлива.
10. К цветным металлам не относится:
- а) цинк;
 - б) железо;
 - в) олово.
11. К семейству редких металлов относится:
- а) платина;
 - б) молибден;
 - в) алюминий.
12. Рудами черных металлов промышленные металлические руды являются по _____ содержащихся в них металлов.
- а) числу;
 - б) назначению;
 - в) числу и назначению.
13. Полиметаллическими промышленные металлические руды могут быть по _____ содержащихся в них металлов.
- а) назначению;
 - б) числу;
 - в) объему.
14. В несамородных рудах металлы содержатся:
- а) в виде сплавов;
 - б) в виде химических соединений;
 - в) в чистом виде.
15. Месторождения руд цветных металлов могут быть:
- а) первичными;
 - б) вторичными;
 - в) первичными и вторичными.
16. Продукцией, получаемой из природного минерального сырья, не является:
- а) едкий натр;
 - б) асбест;
 - в) фосфор.

17. Первыми образовались _____ горные породы.

- а) осадочные;
- б) метаморфические;
- в) изверженные.

18. Газообразным топливо может быть по своему:

- а) происхождению;
- б) агрегатному состоянию;
- в) происхождению и агрегатному состоянию.

19. Удельная теплота сгорания газообразного топлива измеряется в количестве теплоты на единицу его:

- а) массы;
- б) объема;
- в) массы или объема.

20. Понятие «условное топливо» позволяет сопоставлять между собой тепловую ценность _____ топлива.

- а) искусственного;
- б) естественного;
- в) искусственного и естественного.

21. К горючей массе топлива не относится:

- а) его органическая масса;
- б) зола;
- в) сера.

22. Земельные ресурсы – источник _____ сырья.

- а) животного;
- б) растительного;
- в) животного и растительного.

23. Наиболее дорогим и дефицитным является _____ сырье.

- а) минеральное и растительное;
- б) растительное и животное;
- в) животное и минеральное.

24. Вскрышные работы имеют целью выемку из карьера:

- а) полезного содержимого;
- б) пустой породы;
- в) полезного содержимого или пустой породы.

25. Самым выгодным способом добычи полезных ископаемых является:

- а) карьерный;
- б) шахтный;
- в) комбинированный.

26. Шахтным способом добывают _____ минеральное сырье.

- а) рудное и нерудное;
- б) нерудное и горючее;
- в) горючее и рудное.

27. Продукт окускования называется:

- а) брикет;
- б) концентрат;
- в) брикет или концентрат.

28. Просеивание измельченных полезных ископаемых через сита с разными размерами ячеек называется:

- а) сепарацией;
- б) грохочением;
- в) флотацией.

29. Гравитационное разделение относится к _____ методам обогащения твердого минерального сырья.

- а) физическим;
- б) механическим;
- в) физико-механическим.

30. Электромагнитная сепарация – это метод обогащения _____ природного сырья.

- а) жидкого;
- б) газообразного;
- в) твердого.

31. Вода является средой для реализации _____ обогащения твердого минерального сырья.

- а) флотационного;
- б) гравитационного;
- в) флотационного и гравитационного.

32. Укажите синоним термина «экстракция»:

- а) дробление;
- б) извлечение;
- в) испарение.

33. Абсорбция – это поглощение:

- а) твердых веществ газами;
- б) газов жидкостями;
- в) жидкостями твердых веществ.

34. Обогащаемым газообразным природным сырьем является (являются):

- а) природный газ;
- б) атмосферный воздух;
- в) дымовые газы.

35. Проблема комплексного использования актуальна для _____ природного сырья.

- а) возобновляемого;
- б) невозобновляемого;
- в) возобновляемого и невозобновляемого.

по разделам 2.2–2.3

1. Для бытовых и промышленных нужд человечества используется:
 - а) пресная вода;
 - б) морская вода;
 - в) пресная и морская вода.
2. Соли металлов, сульфаты и хлориды содержатся в _____ воде.
 - а) соленой;
 - б) пресной;
 - в) соленой и пресной.
3. Болото _____ водным объектом.
 - а) является подземным;
 - б) является поверхностным;
 - в) не является.
4. Питьевую воду потребляет (потребляют) _____ города.
 - а) население;
 - б) население и организации;
 - в) население, организации и предприятия.
5. В структуре водопотребления национальной экономики преобладает использование воды на:
 - а) производственные нужды;
 - б) снабжение населения питьевой водой;
 - в) хозяйственно-бытовые надобности.
6. Жесткость технической воды не зависит от содержания в ней:
 - а) солей кальция и растворенных газов;
 - б) растворенных газов и механических примесей;
 - в) механических примесей и солей кальция.
7. Устранимая жесткость технической воды определяется содержанием в ней _____ магния и кальция.
 - а) нитратов;
 - б) гидрокарбонатов;
 - в) сульфатов.
8. Коррозии способствует содержание в технической воде:
 - а) солей кальция и магния;
 - б) растворенных газов;
 - в) механических примесей.
9. Умягчением называется удаление из технической воды:
 - а) механических примесей;
 - б) солей кальция и магния;
 - в) растворенных газов.
10. Дистиллированную воду получают:
 - а) кипячением;
 - б) вымораживанием;
 - в) перегонкой.

11. К механическим способам очистки воды от механических же примесей не относится:
- а) отстаивание;
 - б) фильтрование;
 - в) электроосмос.
12. Грубо дисперсные примеси удаляют _____ воды.
- а) отстаиванием;
 - б) фильтрованием;
 - в) отстаиванием с последующим фильтрованием.
13. Промышленные сточные воды – это _____ производства.
- а) продукт;
 - б) предмет;
 - в) продукт и предмет.
14. Сброс промышленных сточных вод в водоемы приводит к:
- а) накоплению в донных отложениях токсичных веществ;
 - б) ухудшению физико-химических свойств воды;
 - в) накоплению в донных отложениях токсичных веществ и к ухудшению физико-химических свойств воды.
15. Флотация не применяется для:
- а) обогащения полезных ископаемых;
 - б) промышленной водоподготовки;
 - в) очистки промышленных сточных вод.
16. Наиболее современной и эффективной считается _____ очистка промышленных сточных вод.
- а) механическая;
 - б) химическая;
 - в) биологическая.
17. Взаимно нейтрализовывать себя могут _____ среды промышленных сточных вод.
- а) органические и неорганические;
 - б) щелочные и кислые;
 - в) положительно и отрицательно заряженные.
18. Развитие экономики сопровождается уменьшением запасов _____ воды.
- а) морской;
 - б) пресной;
 - в) морской и пресной.
- 19.оборотное водоснабжение – пример _____ технологии.
- а) безводной;
 - б) маловодопотребляемой;
 - в) безводной и маловодопотребляемой.
20. Рациональное водопользование предполагает учет и контроль _____ сбрасываемых промышленных сточных вод.
- а) количества;
 - б) состава;
 - в) количества и состава.

21. Технологические процессы связаны с _____ энергии.
а) поглощением;
б) выделением;
в) поглощением и выделением.
22. В производственных целях электрическую энергию используют для:
а) получения тепловой энергии;
б) осуществления электрохимических реакций;
в) получения тепловой энергии и осуществления электрохимических реакций.
23. Для гальванического нанесения покрытий необходима _____ энергия.
а) тепловая;
б) электрическая;
в) механическая.
24. Тепловая энергия – источник получения электрической энергии на:
а) КЭС и ГЭС;
б) ГЭС и АЭС;
в) АЭС и КЭС.
25. Источником (источниками) получения электрической энергии на КЭС является (являются):
а) энергия сгораемого топлива;
б) кинетическая энергия воды;
в) энергия сгораемого топлива и кинетическая энергия воды.
26. С производственной целью химическая энергия преобразуется в _____ энергию.
а) электрическую;
б) тепловую;
в) электрическую и тепловую.
27. Возобновляемым энергетическим ресурсом является тепловая энергия:
а) гейзеров;
б) Солнца;
в) гейзеров и Солнца.
28. Возобновляемые энергетические ресурсы – источники _____ энергии.
а) механической;
б) тепловой;
в) механической и тепловой.
29. На возобновляемых энергетических ресурсах работают _____ электростанции.
а) конденсационные и гидравлические;
б) гидравлические и ветряные;
в) ветряные и конденсационные.
30. Утилизации подлежат _____ энергоресурсы.
а) первичные;
б) вторичные;
в) первичные и вторичные.

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 «ИН-ЖЭК», 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 их эксплуатации* и *режимов работы* изготавливаемых из них изделий.

Колоссальное многообразие промышленных материалов *наиболее крупно* можно разделить на *две* 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 смешанные (композиционные)* конструкционные материалы, а также *наноматериалы*. **Металлическими** первые называются потому, что они 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 и изготовления, механических и технологических свойств соответственно (см. ниже), 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.). **Композиционными** конструкционными материалами, или **композитами**, называют смесь *химически не взаимодействующих между собой* металлических и/или неметаллических компонентов – *основы (матрицы)* и *наполнителя (упрочняющей фазы)* – сочетание свойств которых обеспечивает нужные качества композиту в целом. Особняком стоят **наноматериалы**, о которых речь ниже.

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 материалов.

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), а также 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 примеры интервалов и значений температур плавления отдельных конструкционных материалов (°C):

- 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 объему. Единица измерения – Вт/(м·К) – это количество тепловой энергии в ваттах, передаваемое на метр по объему 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 материалы – 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 электропровод-

ностью обладают чистые металлы – серебро, медь, золото, алюминий (по степени убывания). Неметаллические же конструкционные материалы электрический ток не проводят.

Химические свойства материала определяют его способность к химическим же реакциям с другими материалами. Такие свойства важны для *вещств-реактивов*, 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*. Насколько это актуально, говорит такой факт – каждый год коррозия съедает 10 % произведенной за этот год стали во всем мире. 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 растяжении, 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 $\sigma_{в.сж}$;*
- *предел прочности на изгиб $\sigma_{в.и}$;*
- *предел прочности на кручение $\sigma_{в.к}$;*
- *предел прочности на срез $\sigma_{в.ср}$;*
- *предел прочности на смятие $\sigma_{в.см}$.*

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, **более твердого** физического тела – **индентора**. Твердость материала деталей машин и механизмов 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 **твердость по Бринеллю, обозначаемую HB** , определяют в единицах давления – мегапаскалях (см. выше) – как отношение усилия вдавливания индентора к площади этой лунки. Твердость закаленных металлических материалов измеряют методом Роквелла, используя в качестве индентора алмазный конус. **Единицы твердости по Роквеллу HR** также определяются по диаметру и глубине отпечатка этого индентора, но не расчетом, а переводом в специальные условные и безразмерные величины. Твердость минералов определяют по другой специальной шкале – **шкале Мооса** – в которой из десяти минералов номер один (тальк) является самым мягким, и на нём легко сделать царапину даже 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, тоже условным 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 **снижения 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 **КС (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 микрометрах, обозначаемых M_k):

- **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 – **наиболее 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 так:

- 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 °С (бетон), до 400 °С (железобетон), до 750 °С (легированная сталь), до 1 000 °С (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, температура, соответствующая порогу 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 *окалина* – она еще называется **окалиностойкостью**. Примеры некоторых жаростойких металлов и сплавов – легированные стали (550–1 100 °С), титан (1 000 °С), вольфрам (3 000 °С).

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 (– °С):

- углеродистая сталь 30;
- фторопласт и полиэтилен, а также специальные резины 70;
- легированная сталь 150;
- алюминиевые и медные сплавы 200.

Аналогично сказанному выше – если температура, соответствующая порогу 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 краснотекучести,

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 количества этих двух вредных примесей *стали по качеству* подразделяются на следующие группы:

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

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, кстати, 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 технологических 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.

Легирующими 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*. *Легирующие 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 легирующих 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 легирующего компонента в процентах*. Если это число *отсутствует*, содержание легирующего компонента по умолчанию составляет *около 1 %*. Примеры марок конструкционных легированных сталей: *сталь 40Х* – легированная, качественная, содержит примерно 0,4 % углерода, 1 % хрома, остальное – железо; *сталь 12ХН3А* – легированная, высококачественная, содержит около 0,12 % углерода, 1 % хрома и 3 % никеля, остальное – железо.

В зависимости от суммарной концентрации легирующих 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 % легирующих 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 углерода 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 *быстрорежущие 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°C, 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 самое, что и у легированных сталей (см. выше). Для примера расшифруем две самые известные марки быстрорежущих сталей: *сталь Р18* содержит примерно процент углерода, 18 % вольфрама, остальное – железо; а *сталь Р6М5* – около процента углерода, 6 % вольфрама и 5 % молибдена, остальное – железо.

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 не достигает даже 12 мм в поперечном сечении. Маркируются так же, как стали легированные *конструкционные* с тем лишь уточнением, что если в марке инструментальной легированной 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, остальное – железо.

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 взаимоисключающих

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 *перекдельными*), а также для получения *ковких* чугунов, как конструкционных материалов более высокого качества (см. далее);

– **со свободным графитом** в виде включений в металлическую железоуглеродную (цементит) основу (матрицу). Так как 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 чугунов со свободным графитом 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 серых 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 дви-

гателей, 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 в жидкий чугун (*модифицированием*) 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 тоже 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 станов, 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 особо 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 коут**.

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**, но тогда эти прилагательные **не указываются** в их марках, точно так же, как, например, качество «углеродистая» не отражается в марке легированной стали. 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 заглавной 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 чугуны марки *ЧН15Д7Х* и износостойкий легированный чугуны 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 ГОСТ* – например, АЧС-5, АЧВ-1, 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

За последние сто лет ежегодный объем потребления меди в мире увеличился в 50 раз. Благодаря высокой электропроводности, коррозионной стойкости и пластичности, медь применяется во всех ключевых отраслях экономики от строительства до медицины. 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 слитков, из которых затем делается медный прокат – лист, пруток, труба, проволока и др. 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*. **Сочетание** 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 тоже в процентах. Основным легирующим компонентом – 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 ЛАЖ60-1-1* 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 куется, штампуются, прессуются и прокатываются. Применяются для изготовления деталей водопроводной, химической и холодильной аппаратуры, а также как материал трубопроводов для агрессивных жидкостей в 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 БрОЦС6-6-3 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 цилиндрических и плоских слитков, а также в виде чушек (мелких слитков). Из них получают прокат различного сортамента (листы, прутки, профили), проволоку и, благодаря высокой пластичности алюминия, даже *фольгу* – ленту толщиной от *одного микрометра* (0,001 мм!) 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 широкому 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 сочетают в себе твердость и прочность на уровне *низкоуглеродистых* сталей с малым удельным весом. Именно поэтому используются для изготовления деталей ма-

шин 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°С, что позволяет использовать их для получения кованых 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 обладают пределом 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 – ко-

торым 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 качеств – 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, как и алюминиевые, по *технологическому признаку* подразделяются на ***деформируемые*** и ***литейные***. Ещё одна общая черта – *деформируемые* магниевые и алюминиевые сплавы делятся на *упрочняемые* и *не упрочняемые* термической обработкой. ***Деформируемые*** магниевые сплавы маркируются заглавными русскими буквами «МА», означающими «*магниевый сплав деформируемый*», и числом, обозначающим *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 «магние-
вый сплав литейный», и числом, имеющим тот же смысл. 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 речных и 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 центов 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.

Области применения цинка

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 и маркируются 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 100 – 8 = 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 TiC 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 TT7K12 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** (в виде включений) 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 B83 и B88 (олова 83 и 88 % соответственно, остальное – сурьма и примеси), а свинцовыми – баббиты марок B6 и B16 (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 (химической продукции) *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* (искусственное жидкое топливо, 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.), *кокса- 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.

Продукция неорганической химии

Включает 22 названия **неорганических кислот**, из которых наиболее массово потребляемыми являются *серная, азотная, соляная и фосфорная* кислоты. В наибольших (её даже называют «хлебом химии»!) 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 веществ, 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* H_3PO_4 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 гидроокиси и углекислые соли щелочных металлов. В наибольших масштабах производятся и потребляются *каустическая, кальцинированная и пищевая сода. Каустическую соду (едкий натр,*

гидроокись 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* Na_2CO_3 применяется в производстве едкого натра и стекла, а также в текстильной, целлюлозно-бумажной, лакокрасочной, кожевенной и других отраслях промышленности. *Пищевая сода (гидрокарбонат натрия)* NaHCO_3) 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 P_2O_5 , 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 K_2O – 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 P_2O_5 и калия K_2O .

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 уже другие, 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* – спонтанному 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 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 два **вида** – *термопластичные (термопласты)* и *термореактивные (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.

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

Термореактивные 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 термореактивных пластмасс обусловлено тем, что их основой (связующим) всегда являются *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 *подвиды* термореактивных пластмасс и их *названия* внутри каждого подвида (таблица 3.2). 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. далее 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. Свойства и области применения термореактивных пластмасс, указанных в таблице 3.2, приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.1

Подвиды, названия, свойства и области применения термопластичных пластмасс

Подвиды (названия) термопластов	Их механические 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), небыющая посуда, электроизолирующий материал
Полипропилен	Более высокие, чем у полиэтилена, механические свойства, высокая химическая стойкость, нетоксичен, но при этом материал имеет низкую упругость и низкую хладостойкость	Упаковочная пленка, более прочная и менее газопроницаемая, чем полиэтиленовая, тара, шумо-, вибро- и электроизолирующие строительные материалы
Политетрафторэтилен (фторопласт)	Повышенная плотность и твердость, низкая пластичность, высокая теплостойкость, высокая химическая стойкость, высокие диэлектрические и антифрикционные свойства, но материал токсичен при повышенных рабочих температурах	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, хорошая химическая стойкость, стойкость к ионизирующему излучению. Недостатки – низкая упругость, а также 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, негорючий и химически стойкий материал, хорошие диэлектрические свойства, но при этом – склонность к старению и 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. Недостаток – 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 полиамидам, 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.

Подвиды и названия реактопластов

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

Существует еще один вид 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. По своим подвидам 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 труднозатопляемых изделий (бுவ, боновых заграждений, 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.

Таблица 3.3

Названия, свойства и области применения термореактивных пластмасс

Названия реактопластов	Их механические и эксплуатационные свойства	Области применения
Порошковые термореактивные пластмассы	Невысокие механические свойства, хорошая водостойкость и химическая стойкость, высокие электроизоляционные свойства	Ненагруженные и изолирующие детали электротехнического оборудования, восстановление изношенных деталей, заполнение литейных раковин эпоксидной смолой
Волокнит	Более высокие, чем у порошковых реактопластов, механические свойства, повышенная ударная вязкость, анизотропен, негорюч, химически и термостоек, большой интервал рабочих температур	Детали машин общетехнического назначения – втулки, маховики, шкивы, фланцы, диски, кожухи, ответственные элементы внутренних (не находящихся на открытом воздухе) конструкций
Асболокнит	Превосходит волокнит по всем его свойствам (см. выше), плюс высокие фрикционные качества	Детали тормозных и фрикционных устройств, средненагруженные детали машин и элементы конструкций
Стекловолокнит	Превосходит асболокнит по всем его свойствам (см. выше), плюс высокое сопротивление вибрационным и знакопеременным нагрузкам	Детали фюзеляжа летательных аппаратов, ответственные и высоконагруженные детали машин и элементов конструкций
Гетинакс	Невысокие механические свойства, устойчивость к действию растворителей	Листовой материал для внутренней отделки транспортных средств – железнодорожных вагонов, кают и др.
Текстолит	Превосходит гетинакс по прочности, плюс хорошие виброгасящие, электроизолирующие и антифрикционные свойства	Корпусные детали и детали подшипников скольжения, зубчатые колеса, печатные платы, электроизолирующий материал
Асботекстолит	Превосходит текстолит по прочности, плюс высокие фрикционные и теплоизолирующие свойства, жаропрочность	Детали тормозных и фрикционных устройств, теплоизолирующий строительный материал, детали роторов турбогенераторов
Стеклотекстолит	Превосходит асботекстолит по прочности, плюс высокие тепло- и электроизоляционные свойства	Самолето-, ракето- и судостроение, радио- и электротехническая аппаратура
Древесно-слоистый пластик	Невысокие механические свойства, анизотропность, невысокая (но выше, чем у простой древесины) химическая стойкость, высокое влагопоглощение (разбухает от влаги), жаропрочность, хорошие антифрикционные свойства	Зубчатые колеса, вкладыши подшипников скольжения, детали машин текстильной промышленности, детали авиационной техники, детали электротехнических устройств, строительный материал для внутренней отделки помещений

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 (названия) 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)
	Полиэфиры	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 искусственного шелка – нитрона (см. табл. 3.4) – в 155 раз (!) ниже, чем на производство шелка натурального. В силу этого обстоятельства, в структуре производства *самых* химических волокон неуклонно сокращается доля искусственных волокон и пропорционально увеличивается доля волокон *синтетических* (сейчас это соотношение примерно одна треть к двум).

Возможности и области применения химических волокон, указанных в таблице 3.4, приведены в таблице 3.5.

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 автомобильный транспорт, авиация, 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, трубопроводов, 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_8 . 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*.

Таблица 3.5

Свойства и области применения химических волокон

Подвиды (названия) волокон	Их преимущества и недостатки	Области применения
Вискозное	Преимущества: прочность, химическая стойкость, хорошая окрашиваемость, теплостойкость 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 светоустойчивость, 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 атмосфероустойчивости 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	

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.

Резины – это группа (см. классификацию химической продукции) 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 резин – способность поглощать энергию внешней нагрузки за счет больших и практически полностью обратимых (упругих) деформаций, т. е. их *амортизационная способность*.

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

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 два *вида* – *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 на *подвиды* они делятся 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 химической продукции *третьего* (см. стр. 62) класса. По объему потребления *наибольшую экономическую значимость* из них имеют такие *группы*, как *искусственное жидкое топливо (виды* – 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 склонного 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, индустриальные, турбинные, компрессорные, цилиндровые, 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 (вытека-

ет). 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* штучные изделия (ступени, подоконники, наличники, колонны и др.).

По *плотности* природные каменные материалы уступают сталям почти в 3 раза. Обладают *высокой теплопроводностью*, имеют *хорошие диэлектрические свойства*, не разрушаются от действия *воды, кислот и щелочей*, не проникаемы для *пара и газов*. Обрабатываются 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 эксплуатационные 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 1000 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 бóльшая 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 бóльшие 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 зданий 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 его, как заполнителя, сцепляемость 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. Бóльшая 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 приобретшие свойства камня. Классифицируются по *трем* признакам. **По назначению** выделяют следующие керамические материалы и изделия:

- *стенные материалы* (строительный, он же рядовой 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, сосуда 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 меньше, чем у природных каменных материалов в 5–10 раз);
- 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 придаются 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 – чугуном 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. Отсюда – **ограничения их применения** в качестве фундаментов и элементов зданий и сооружений *повышенной этажности*, а также для районов, характеризующихся *повышенной сейсмической активностью* и имеющих *просадочные грунты*.

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 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). Стекло при температуре 800–1 000°C поддается 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 – это пустотелые изделия, получаемые сваркой двух предварительно отпрессованных стеклянных половин с герметизацией внутреннего пространства этого 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°C. 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 бутылочного*. 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 °С 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, так как 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, 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 окон и дверей транспортных средств. Два слоя пленки между тремя стеклянными листами делают подобное уже **пятислойное** стекло пуленепробиваемым;

– **узорчатое стекло** с рельефным рисунком (для остекления фар транспортных средств), **матовое стекло** после пескоструйной обработки (для светорассеивающего остекления), **кварцевое стекло**, превосходящее по жаростойкости легированную сталь (1 400–1 500 °С) и используемое для изготовления лабораторной посуды, **увиолевое стекло**, пропускающее ультрафиолетовое излучение (из него делают бактерицидные лампы, применяемые для дезинфекции воздуха), **солнцезащитное** 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 обуславливают 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 и 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, которые получают 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 (ДСтП)* – 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 и наноматериалы

Последними, по ходу изложения темы 3, две эти разновидности промышленных материалов являются не случайно – и те, и другие – это *самые «молодые» классы конструкционных материалов* из числа рассмотренных. Так, необходимость создания *композиционных материалов (композитов)* 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 четко выраженной границей. Один из этих компонентов, называемый **матрицей**, **обязательно непрерывен в трех измерениях** и составляет большую часть композиционного материала, делая его целостным. Второй 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**. Фазы, естественно, являются **гомогенными (однородными)**. Граница раздела **упрочняющей фазы** (армирующего компонента) и матрицы представляет собой самостоятельный элемент структуры композита, 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 таким сочетанием **физических и механических** (см. выше) свойств, которого не имеют его компоненты, взятые в отдельности (**эмерджентное качество** композита 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 и клееные изделия и т. п., которые являются **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).

Таблица 3.8

Области применения дисперсно-упрочненных композитов

Материал матрицы дисперсно-упрочненного композита	Области его применения
Алюминий	Лопатки турбин, детали компрессоров, работающие при температурах 300–500 °С
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 температурах до 1 000 °С (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

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*.

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* как армирующим материалом, так 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 них, как на 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, как следует из всего выше сказанного, по структуре волокнистые композиционные материалы *сложнее*, чем дисперсно-упрочненные композиты, более разнообразной является и *технология изготовления* первых. 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.

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. Их 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 или карбоволокниты – наиболее перспективный вид композитов.</i> Легкие, прочные, термостойкие и коррозионностойкие. Авиационная и космическая техника, автомобилестроение, спортивный инвентарь	–	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 и 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, повышенной прочности и жесткости в авиационной и ракетной технике	Легкий и жаропрочный композит « <i>алюминий-углерод</i> ». Лопатки турбин авиационных двигателей и топливные баки самолетов

В качестве комментария к ней отметим, что внутри этой группы *наиболее перспективными являются волокнистые композиционные материалы с полимерной матрицей*. Индустрия именно полимерных волокнистых композитов – важное направление *технологического прогресса*, связанное с созданием новых материалов с уникальными свойствами, для широчайшего применения таких материалов во всех отраслях современного производства.

Наноматериалами (от греч. *nanos* – «карлик») называют природные или искусственно созданные твердые вещества, у которых *хотя бы один* из геометрических размеров образующих эти вещества совокупностей атомов или молекул – *зерен, кристаллитов, блоков, кластеров* (специальные названия таких элементов структуры наноматериалов) *лежит в нанодиапазоне (наномасштабе)*, а именно, в интервале *от одного до ста нанометров* ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ метра}$ – $100 \text{ нм} = 10^{-7} \text{ метра}$). По аналогии с геометрией армирующего компонента композитов (см. выше) в зависимости от *числа находящихся в нанодиапазоне подобных характеристических размеров* наноматериалы разделяют на следующие три группы:

- *наночастицы, нанопорошки* – объекты, у которых *три* характеристических размера лежат в интервале от 1 до 100 нм;
- *нанотрубки, нановолокна* – объекты, у которых *два* характеристических размера лежат в интервале от 1 до 100 нм;
- *нанопленки* – объекты, у которых *один* характеристический размер лежит в интервале от 1 до 100 нм.

Уникальность наноматериалов заключается в том, что их наноструктурное, т. е. *сверхмелкое* состояние принципиально отличается от обычного (макроскопического) – кристаллического или аморфного. В результате резкого (в миллиарды и миллионы раз, см. выше) уменьшения размера материального объекта наблюдается нечто похожее на *переход количества в качество*, а именно, существенным образом *изменяются его физические свойства* – теплопроводность,

светопрозрачность, электропроводность, диффузионная и магнитная проницаемость и др., что, в свою очередь, приводит к *очень экономически перспективному* изменению механических и эксплуатационных свойств вещества данного объекта. Так, нить толщиной в миллиметр, сделанная из углеродных нанотрубок (материал нанотрубок – *фуллерен*, естественная аллотропическая модификация углерода в виде собранной в сферу молекулы из 20 пластин, по 6 атомов углерода в углах каждой), теоретически может выдержать груз в 300 тонн (!), имея при этом плотность в 6 раз меньше, чем у стали. Использование другого естественного углеродного наноматериала – *графена* (те же шестиугольные пластины тех же атомов, но в виде плоскости, т. е. нанопленки толщиной в одну молекулу) позволяет повысить КПД солнечных батарей с 58 до 93 %. Кроме того, нанодиапазон автоматически предполагает *миниатюризацию техники* – новая электроника, идущая на смену полупроводниковой кремниевой, будет иметь элементную базу из нанообъектов размерами от 2 до 50 нм!

Существуют *две группы технологий получения наноматериалов*:

- «сборка» нанообъектов из отдельных атомов или молекул, или технологии «снизу-вверх» (bottom-up);
- измельчение макрообъектов до наноразмеров, или технологии «сверху-вниз» (top-down).

Примером технологии «снизу-вверх» является получение того же фуллерена нагреванием куска графита до высокой температуры. Графит испаряется в виде отдельных атомов углерода, которые в газообразном состоянии синтезируются в молекулы фуллерена. Точно также наноматериалы получают лазерным испарением или испарением исходного вещества в электрической дуге (электровзрывом) с последующим осаждением из газовой фазы (конденсацией).

Пример технологии «сверху-вниз» – обычный механический помол в мельницах различного типа – шаровых, планетарных, центробежных, вибрационных и др. Положительными сторонами механического метода являются техническая простота, т. е., дешевизна, а также возможность получать в большом количестве *нанопорошки* различных материалов приемлемой (5–20 нм) крупности. Другой пример – получение работавшими в Манчестере российскими физиками Андреем Геймом и Константином Новоселовым графена путем опять же механического многократного отшелушивания слоев толщиной в молекулу от того же куска графита. Ученые получили графен как уже *двумерный* кристалл (*нанопленку*) путем «отрывания» от *трехмерного* графитного кристалла одного шестиугольного слоя атомов за другим (Нобелевская премия по физике 2010 года).

Отдельно следует сказать о *симбиозе наноматериалов с композиционными материалами*. Так, сейчас огромные средства и усилия лучших исследовательских центров мира направлены на создание разновидностей последних с упрочняющей фазой в виде *наночастиц*. Подобного рода *наноккомпозиты* относят волокнистым, а не к дисперсно-упрочненным (см. выше), потому что частицы (наночастицы) армирующего компонента имеют поверхность, на порядок и больше развитую, чем частицы порошков соединений металлов, размеры которых не соответствуют нанодиапазону. В связи с этим свойства наноккомпозитов в гораздо большей, по сравнению с дисперсно-упрочненными компози-

ционными материалами, степени зависят от свойств упрочняющей фазы, а это и есть основное свойство других композитов – волокнистых (также см. выше). Ведутся работы с целью получения совершенно уникальных нанокompозитов, например, с эффектом памяти, или со способностью к самоорганизации как химические системы.

В заключение отметим, что наноматериалы позволяют создавать самые разнообразные конструкционные материалы с удивительными свойствами. Это звучит фантастически, но добавление того же графена в практически любой материал – металлы, цемент, керамику, полимеры, краски, стекло, покрытия и др. – улучшает его прочность, долговечность и устойчивость к внешним воздействиям. Именно поэтому ежегодное увеличение продаж, в частности, графеновых компонентов и их продуктов на сегодня составляет 37 %, а рост мирового рынка графена ожидается со 150 млн долларов в 2020 году до 800 млрд долларов к 2030 году.

Вопросы для самоконтроля *к разделу 3.1*

1. Функция промышленных материалов как элемента технологической системы. Виды продукции, изготавливаемой из промышленных материалов, и характеристики, по которым осуществляется их выбор. Соотношение понятий деталь, элемент, машина, механизм, конструкция, сооружение. Две группы промышленных материалов и примеры материалов конструкционных.

2. Виды конструкционных материалов. Может ли неметалл быть компонентом сплава? По какому признаку природные неметаллические конструкционные материалы разделены на минеральные и на органические? Чем сплав отличается от композита? Группы свойств промышленных материалов (только названия). Какой из этих групп свойств нет для материалов, не относящихся к конструкционным?

3. Сущность и названия физических свойств конструкционных материалов. Цвет, его использование в технологических и эксплуатационных целях. Почему наш глаз видит только один цвет какого-либо материала? Плотность, интервал её изменения для различных конструкционных материалов и примеры технологической и эксплуатационной значимости. Какой материал имеет плотность 1 кг/дм³? Температура плавления, её значения для отдельных конструкционных материалов. Название и суть антипода температуры плавления. Как называется эта пара противоположностей для жидкостей?

4. Теплопроводность, единицы измерения и соотношение для различных материалов. Какой радиатор отопления – стальной или алюминиевый – лучше, и почему? Тепловое расширение, пример его технологической или эксплуатационной значимости. Напишите единицу измерения коэффициента линейного расширения. Электропроводность, её соотношение для различных конструкционных материалов. Как называется материал, который не проводит электрический ток?

5. Химические свойства материала. Какое из них определяет эффективность химико-технологических производственных процессов, и почему? Химическая стойкость. Почему наиболее важной её разновидностью является коррозионная стойкость? Формула ржавчины. Как называется химическая реакция, противоположная окислению? Как называется химическая реакция высокотемпературного окисления?

6. Механические свойства материала, их причинно-следственная связь с его технологическими и эксплуатационными свойствами. Прочность, её показатели для различных видов нагрузок. Почему они измеряются в одних и тех же единицах? Что такое паскаль (едини-

ца давления)? Какой вид (какие виды) прочности, как эксплуатационные свойства, важен (важны) для гвоздя, самореза и крючка вешалки? Определение, показатели и единицы измерения пластичности. В чем разница между пластичностью и упругостью материала?

7. Твердость материалов, методы и единицы (шкалы) её измерения, области применения этих методов. Каким свойством конструкционного материала – технологическим или эксплуатационным – является твердость? Почему методом Бринелля нельзя измерять твердость закаленных металлических материалов? Что тверже – алмаз или закаленная сталь?

8. Определение упругости, её критерий, единица его измерения и интервалы изменения для различных конструкционных материалов. Каким свойством этих материалов – технологическим или эксплуатационным – является упругость? Что произойдет с материалом, если внешняя нагрузка превысит его модуль упругости? Определение ударной вязкости, её критерий и единица его измерения. Укажите инструмент, для которого ударная вязкость важна, как эксплуатационная характеристика – нож, молоток, напильник. Определение выносливости, её критерий и единица его измерения. Приведите пример детали машины или элемента конструкции, работающих в условиях циклических нагрузок.

9. Для каких технологий формообразования важны технологические свойства конструкционных материалов? Определение жидкотекучести и её уровень для разных материалов. Как можно количественно сравнить жидкотекучесть разных материалов, и как можно её повысить? Определение, показатель, единицы измерения усадки и интервалы её изменения для различных конструкционных материалов. Взаимосвязь усадки и жидкотекучести, их влияние на качество литья.

10. Ковкость. Почему её критериями являются показатели пластичности, и не являются таковыми показатели упругости конструкционного материала. Как можно повысить его ковкость? Свариваемость и её критерий. Каким – абсолютным или относительным – он является? Какие технологические свойства из рассмотренных – жидкотекучесть, усадка или ковкость – влияют на качество сварного соединения, и как именно? Обрабатываемость резанием, её критерии, области их применения и единицы измерения. Почему показателями шероховатости поверхности не оценивается качество других технологий формообразования – литья, обработки давлением и сварки?

11. Определение износостойкости и её критерий. Каким – относительным или абсолютным – он является, и что оценивает – изменение вследствие износа детали, её формы, размеров, или того и другого? Связь износостойкости с твердостью и с коэффициентом трения. Какое свойство конструкционного материала характеризует этот коэффициент? Антифрикционность материала – где она важна, и от чего зависит?

12. Жаропрочность и краснеломкость, их соотношение и единицы измерения. В чем измеряется жаростойкость конструкционного материала? Соотношение и единицы измерения хладостойкости и хладноломкости. Как учитываются данные эксплуатационные свойства при выборе материала для изготовления деталей, работающих при высоких или при низких температурах?

к подразделу 3.2.1

1. Определение сталей, их химический состав и причина широкого использования. Из какого сырья производится сталь? В чем заключается полезность легирующих компонентов? Какие свойства стали обеспечивают экономичность её производства? Классификация сталей по назначению и по химическому составу. В рамках каждого из этих признаков квалифицируйте стали по дороговизне (стоимости производства).

2. Классификация сталей по содержанию углерода. Как с увеличением его содержания изменяются механические и технологические свойства сталей? Классификация сталей по качеству. Какие свойства стали улучшаются с повышением её качества?

3. Маркировка конструкционных углеродистых сталей обыкновенного качества. Какие механические свойства оговариваются для сталей группы А? Какие свойства гарантиру-

ются химическим составом сталей группы Б? На какие ещё, кроме механических, свойства стали влияет степень её раскисления?

4. Маркировка качественных конструкционных углеродистых сталей. Сколько и каких вредных примесей в них содержится? Число марок качественных конструкционных сталей с учетом степени раскисления. Как стали этой группы подразделяются по свойствам и областям применения? Как изменяется стоимость сталей данной группы, и чем она (стоимость) определяется?

5. Какими по качеству являются конструкционные легированные стали? Какими они же являются по степени их раскисления? Чем – постоянными примесями, полезными добавками или тем и другим – являются легирующие элементы? Приведите примеры гласных и согласных букв русского алфавита, которые не используются для обозначения этих элементов. С числа или с цифры начинается марка легированной стали, и что оно (она) означает?

6. Принципы маркировки конструкционных легированных сталей. Три случая расположения и смысла буквы А в марках сталей. По какому принципу и как конструкционные легированные стали подразделяются внутри своей группы? Два примера марок сталей этой группы (не из лекций).

7. Маркировка инструментальных углеродистых и быстрорежущих сталей. Примеры марок тех и других (не из лекций). Чем отличается ручной инструмент от машинного? Почему инструментальные углеродистые стали имеют содержание углерода не менее 0,7 %? Этимология буквы Р в маркировке быстрорежущих сталей.

8. Инструментальные легированные стали. Почему именно для этих сталей важна прокаливаемость? Какими данные стали являются по своему качеству и по степени их раскисления? Пример (не из лекций) марки инструментальной легированной стали.

9. Высокопрочные стали. Расшифруйте их марки, приведенные в лекциях. Маркировка износостойких шарикоподшипниковых сталей. Какое их качество, кроме твердости, обеспечивает хром? Что ещё может означать буква Ш в марке стали?

10. Коррозионностойкие (нержавеющие), жаропрочные и жаростойкие стали. Расшифруйте по одной марке сталей каждой этой группы из числа, приведенных в лекциях.

к подразделам 3.2.2 и 3.2.3

1. Определение и химический состав чугунов. Белые чугуны, их структура и области применения. Чугуны со свободным графитом. Какие виды технических и экономических свойств этих чугунов, как конструкционных материалов, определяются их структурой? Из какого сырья, и каким способом получают чугун?

2. Формы включений свободного графита в структуре чугуна и их влияние на его свойства. Серые и высокопрочные чугуны – структура, маркировка, технология получения и области применения. Как соотносятся верхний и нижний интервалы прочности марок этих чугунов? Каким способом нельзя получать заготовки из серых и высокопрочных чугунов?

3. Ковкие чугуны – структура, маркировка, технология получения и области применения. Маркировка легированных чугунов, сырье для их получения, преимущество перед легированными сталями. Расшифруйте марки легированных чугунов, приведенные в лекциях. Из чего и как получают антифрикционные чугуны, их маркировка. Каким преимуществом, и перед какими материалами они обладают?

4. К каким группам относятся положительные и отрицательные свойства меди как конструкционного материала? Получение, маркировка и применение меди. Определение латуней и бронз, их преимущества по сравнению с чистой медью. Где больше цинка – в латунях или в бронзах? Сколько легирующих компонентов могут содержать те и другие?

5. Принципы маркировки латуней и бронз. Какие легирующие компоненты в их марках обозначаются двумя буквами? В марках каких сплавов на основе меди есть дефисы? Маркировка деформируемых латуней. Почему они так называются?

6. Как называется самая простая по составу латунь, сколько она содержит компонентов, и каких? Маркировка литейных латуней. Механические, технологические и эксплуатационные свойства латуней, области их применения.

7. Маркировка бронз. С маркировкой каких латуней – деформируемых, литейных, или тех и других – она схожа, и чем именно? Почему простые (нелегированные) латуни есть, а простых (нелегированных) бронз нет? Механические, технологические и эксплуатационные свойства бронз, а также области их применения.

8. К каким группам относятся положительные и отрицательные свойства алюминия как конструкционного материала? Марки алюминия. Две группы алюминиевых сплавов, принцип их выделения и соотношение. Алюминиевый слиток и алюминиевая отливка – это одно и то же, или нет (объяснить)?

9. Деформируемые алюминиевые сплавы, почему они так называются и на сколько групп делятся? Дуралюмины – химический состав, маркировка, свойства и области применения. Маркировка, свойства и области применения алюминиевых сплавов дляковки и штамповки. Какие сплавы – эти или дуралюмины – являются более легированными, и почему?

10. Маркировка, свойства и области применения высокопрочных алюминиевых сплавов и деформируемых алюминиевых сплавов, не упрочняемых термообработкой. Чем упрочняются первые, а чем – вторые? Химический состав, свойства, области применения и маркировка силуминов. Как они упрочняются?

11. Свойства, области применения и маркировка магния. Какой вид его поставок – слитками, прокатом или порошком – является самым дорогим, и почему? Химический состав, свойства, области применения и маркировка деформируемых и литейных магниевых сплавов.

12. Укажите конкретные физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства титана. В чем его экономическое преимущество перед другими цветными металлами? Зачем нужны титановые сплавы, если титан, как конструкционный материал, недостатков не имеет? Химический состав, свойства и маркировка деформируемых и литейных сплавов на основе титана.

13. Какие свойства никель обеспечивает материалам и покрытиям, основой которых он является? В каком ещё качестве используется никель? Области применения цинка. Технические и экономические (те и другие указать конкретно) преимущества инструментальных сплавов цветных металлов перед инструментальными сталями.

14. Группы, технология получения и особенность структуры инструментальных сплавов цветных металлов. Структура, маркировка и области применения трёх групп твердых сплавов. Структура режущей керамики и её возможности.

15. Назначение, свойства, структура и принципы маркировки баббитов. Содержание каких компонентов этих сплавов не указывается в их марках?

к разделу 3.3

1. Какие виды химической продукции используются как конструкционные материалы? Продукция неорганической химии – к какому классу химической продукции она относится, чем (классом, группой или видом) является, на какие виды делится или не делится, какие подвиды (названия) включает (на примере конкретного вида). Какая химия называется неорганической? Области использования серной, азотной и соляной кислот.

2. Последовательность получения содовых продуктов на основе натрия и области их применения. Какие ещё металлы относятся к щелочным? Минеральные удобрения. Какие из них потребляются в наибольших количествах, и почему? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются щелочи и минеральные удобрения?

3. Структура полимеров, её элементы и внутренние связи. Классификация полимеров, их соотношение по объемам потребления. Кто такие галогены? Какие полимеры не относятся к природным – искусственные, синтетические, или те и другие? Преимущества и недо-

статки синтетических полимеров как конструкционных материалов. Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются полимеры?

4. Состав одно- и многокомпонентных пластмасс. Свойства какой группы для последних улучшают пластификаторы и отвердители? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются пластмассы? Какие именно свойства или группы свойств – механические, технологические или эксплуатационные – термопласты сохраняют после своего нагрева и охлаждения? Свойства и области применения полиэтилена, полипропилена и фторопласта. Какие из этих материалов используются не только, как конструкционные?

5. Положительные и отрицательные (квалифицировать) свойства и области применения полистирола, поливинилхлорида, полиамидов, полиуретанов. Почему в таблице 3.1 не указаны их технологические свойства? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются термопласты? Составьте их классификацию по подвидам и по названиям.

6. Почему реактопласты не могут быть однокомпонентными пластмассами? По какому признаку, и на какие подвиды они делятся? Сколько названий содержит подвид реактопластов с порошковым наполнителем? Свойства и области применения порошковых термореактивных пластмасс и волокнита. Почему порошковые реактопласты аморфны, и почему они уступают по прочности волокнистым реактопластам?

7. Свойства и области применения асболокнита, стекловолокнита, гетинакса и текстолита. Чем определяется прочность этих термореактивных пластмасс? Какая пара из числа этих волокнистых реактопластов обладает противоположными эксплуатационными свойствами, и какими именно?

8. Сколько названий содержат подвиды волокнистых и слоистых реактопластов? Свойства и области применения асботекстолита, стеклотекстолита и древесно-слоистого пластика. К какой группе свойств конструкционного материала можно отнести его влагопоглощение? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются газонаполненные пластмассы? Их классификация.

9. Сколько видов пластмасс (число) рассмотрено в лекциях? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются химические волокна? Составьте их классификацию. Дайте определение натуральных, искусственных и синтетических волокон. К какой группе свойств волокна, как конструкционного материала, можно отнести его усадку?

10. Какое свойство каучука является причиной его широкого использования? Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются каучуки? На какие подвиды и названия (примеры) они делятся? По каким свойствам – физическим, химическим, механическим и т. д. (см. раздел 3.1) – синтетические каучуки превосходят натуральные (указать конкретно)?

11. Чем – классом, группой или видом химической продукции – являются резины? Составьте их классификацию. Если главная ценность резин – упругость, то зачем в таблице 3.6 они сравниваются с другими конструкционными материалами ещё и по пластичности?

12. Составьте структуру класса нефтепродуктов. Виды искусственного жидкого топлива и их характеристика. К каким свойствам топлива, как промышленного материала – физическим, химическим, технологическим и т. д. (см. раздел 3.1) – относятся октановое и цетановое числа? Что такое битум и гудрон?

13. Чем – классами, группами или видами химической продукции – являются смазочные масла и консистентные смазки? Составьте классификацию тех и других. Где может использоваться индустриальное масло?

к разделу 3.4

1. Направления (для чего) и виды (в каком качестве) использования строительных материалов. Сырьё и технология получения природных каменных материалов, их классификация. Что кладут из бутового камня? Какие виды механической обработки используются для получения природных каменных материалов и изделий из них?

2. Физические свойства природных каменных материалов. Их технологические свойства. Какими методами формообразования нельзя получать изделия из природных каменных материалов? Их механические и эксплуатационные свойства. Аналогами каких стандартных свойств из числа последних являются морозостойкость и огнестойкость природных каменных материалов?

3. Размеры, технологии получения и области применения бутового камня, стеновых блоков, облицовочных плит, щебня, гравия и песка. Почему бутовый камень делают именно из осадочных горных пород, и из каких именно? Преимущества стеновых блоков и облицовочных плит перед своими конкурентами. Сравнительные экономические и эксплуатационные свойства щебня и гравия.

4. Сырьё и технология получения керамических материалов. Их классификация. Где используются дренажные трубы? В каких единицах – абсолютных или относительных – измеряются водопоглощение и температура плавления керамических материалов? Их преимущества и недостатки. Почему к последним относится высокая теплопроводность строительного кирпича?

5. Минеральные вяжущие вещества, области их применения и специфические эксплуатационные свойства. Виды и особенности использования воздушных и гидравлических минеральных вяжущих веществ. Этимология названия «портландцемент». Какими специальными эксплуатационными свойствами обладают пластифицированные и гидрофобные цементы?

6. Сырьё и технология получения бетонов, их виды и области применения. Приведите пример пористого заполнителя. Необходимость и условия создания железобетона. Где собирают сборные бетонные (железобетонные) конструкции – на строительном комбинате, на стройплощадке, или там и там? Какие преимущества бетона и железобетона позволяют считать их главными строительными материалами? Их же недостаток в этом же качестве и его последствия.

7. Технология получения силикатных материалов, их виды, преимущества и недостатки. Почему они называются силикатными? Состав, технология получения асбестоцемента и изделий из него. Какого рода свойства – механические, технологические и т. д. – являются преимуществами асбестоцемента (соотнести и указать конкретно)? Из чего и как делают минераловатные изделия, и почему именно они являются наиболее представительным видом теплоизоляционных материалов?

8. Стекло – определение, технология получения и сырьё, физические, механические, технологические и эксплуатационные свойства (указать конкретно). Каким минеральным сырьём – рудным или нерудным – является кремнезем? Разделите свойства стекла на положительные и отрицательные с точки зрения его практического использования.

9. Виды изделий из стекла и области их применения. Из какого листового стекла – оконного или витринного – делают стены, и почему? Каким строительным материалом – кладочным, отделочным, или тем и другим – являются стеклоблоки? Наиболее широко используемые изделия из стекла.

10. Какие изделия (только названия) изготавливаются из стекла общего назначения? Специальные виды стекла, особенности их изготовления и области использования. Какие из этих видов гарантируют безопасность при разрушении изделий из них? Какие виды специального стекла используются в автомобилестроении?

11. Ситаллы, их сущность и технология получения. Какие физические и механические свойства стекла изменяются после его превращения в ситалл, и как именно? Эксплуатационные свойства, экономические преимущества и области применения шлакоситаллов.

12. Древесина, её общие для всех конструкционных материалов и специфические физические свойства. Как влияют на практическую ценность древесины её влажность, усушка, разбухание, пористость и анизотропия механических свойств? Какие отходы образуются при изготовлении изделий из древесины?

13. Брёвна и пиломатериалы – исходный материал, технология изготовления, сортмент, области использования. Как называется древесина диаметром менее 140 мм и длиной

меньше метра? По какому конструктивному и экономическому принципам перечислены виды доски различного профиля?

14. Необходимость производства клеёных конструкций и листовых материалов из древесины. Исходные материалы, технология изготовления и виды клеёных древесных конструкций. Наименования, конструкция, технология изготовления и размеры (толщина) листовых древесных материалов.

к разделу 3.5

1. Чем сопровождается техническое развитие – изменением размеров деталей машин и элементов конструкций, или рабочих нагрузок, которые они испытывают? Необходимость и принцип создания композиционных материалов. Какое минимальное количество компонентов могут они иметь?

2. Признаки композиционного материала. Чем отличаются друг от друга его фазы – размерами, химическим составом, или тем и другим? В сочетании каких физических и механических свойств композита заключается его эмерджентность, и почему именно этих свойств? Сформулируйте последний признак для стали и для железобетона.

3. Состав, технология получения, особенность свойств и области применения (не более трех примеров) дисперсно-упрочненных композиционных материалов. Какими – металлическими, неметаллическими, или теми и другими – они являются? Какой дисперсно-упрочненный композит, из числа указанных в таблице 3.8, самый легкий, и почему?

4. Какие материалы – металлы, неметаллы, или те и другие – могут быть основной и упрочняющей фазой волокнистых композитов? Геометрией какой (каких) из этих фаз данные композиты отличаются от дисперсно-упрочненных? Прочность какой фазы определяет прочность волокнистых и дисперсно-упрочненных композиционных материалов? Технологии получения волокнистых композитов.

5. Как образуются названия волокнистых композитов? Наиболее распространенные материалы их матриц и упрочняющих компонентов. Свойства и области применения (не более трех примеров) волокнистых композиционных материалов.

6. Какой признак заложен в название наноматериалов? Он такой же, как у композиционных материалов, или нет? Почему наноматериалами могут быть только твердые вещества? Какая пара названий не синонимы, и почему – наночастицы с нанопорошками, или нанотрубки с нановолокнами? Какие свойства отличают материал, находящийся в наноструктурном состоянии, от такого же материала обычных (макроскопических) размеров?

7. Квалифицируйте фуллерен и графен по происхождению и по числу находящихся в нанодиапазоне характеристических размеров. Группы и примеры технологий получения наноматериалов. При реализации каких из них изменяется агрегатное состояние предмета труда? Нанокompозиты и их особенности как композиционных материалов.

Тесты

по разделу 3.1

1. Из промышленных материалов состоят предметы:

- а) потребления;
- б) производства;
- в) потребления и производства.

2. Из конструкционных материалов изготавливаются:

- а) детали машин;
- б) элементы конструкций;
- в) детали машин и элементы конструкций.

3. Конструкционными материалами не являются:

- а) удобрения;
- б) клеи;
- в) удобрения и клеи.

4. Сплавами не являются _____ конструкционные материалы.

- а) металлические и неметаллические;
- б) неметаллические и композиционные;
- в) композиционные и металлические.

5. Внутреннее строение материала не определяет его _____ свойства.

- а) механические;
- б) физические;
- в) химические.

6. Наиболее легкоплавкими конструкционными материалами являются:

- а) горные породы;
- б) пластмассы;
- в) металлы.

7. Диэлектриками являются _____ конструкционные материалы.

- а) металлические;
- б) неметаллические;
- в) металлические и неметаллические.

8. Механические свойства конструкционного материала определяют его _____ свойства.

- а) эксплуатационные;
- б) технологические;
- в) эксплуатационные и технологические.

9. Наиболее важным и распространенным показателем прочности конструкционных материалов является предел прочности на:

- а) изгиб;
- б) растяжение;
- в) срез.

10. В абсолютных показателях измеряются характеристики _____ конструкционных материалов.

- а) прочности;
- б) пластичности;
- в) прочности и пластичности.

11. Методом Бринелля измеряют твердость _____ конструкционных материалов.

- а) металлических;
- б) неметаллических;
- в) металлических и неметаллических.

12. Царапанием определяют твердость _____ конструкционных материалов.

- а) металлических;
- б) неметаллических;
- в) металлических и неметаллических.

13. Шкала Мооса включает _____ минералов.

- а) 10;
- б) 20;
- в) 50.

14. В одних единицах измеряются характеристики _____ конструкционных материалов.

- а) прочности и твердости;
- б) твердости и упругости;
- в) упругости и прочности.

15. Ударная вязкость конструкционного материала определяет уровень его _____ свойств.

- а) технологических;
- б) эксплуатационных;
- в) технологических и эксплуатационных.

16. Технологические свойства конструкционных материалов определяют их склонность к формообразованию:

- а) резанием;
- б) литьем;
- в) резанием и литьем.

17. Жидкотекучесть конструкционного материала определяет уровень его _____ свойств.

- а) физических;
- б) механических;
- в) технологических.

18. Усадка конструкционного материала определяет уровень его _____ свойств.

- а) механических;
- б) технологических;
- в) механических и технологических.

19. Коэффициент прочности сварного соединения может измеряться в _____ единицах.

- а) относительных;
- б) абсолютных;
- в) относительных и абсолютных.

20. Средним арифметическим отклонением профиля поверхности на определенной длине оценивается шероховатость этой поверхности после _____ механической обработки.

- а) грубой;
- б) точной;
- в) грубой и точной.

21. Сопротивление конструкционного материала разрушению своего поверхностного слоя при трении называется:
а) выносливостью;
б) износостойкостью;
в) твердостью.

22. Антифрикционность конструкционного материала определяет его _____ свойства.
а) эксплуатационные;
б) технологические;
в) эксплуатационные и технологические.

23. Какое утверждение является верным?
а) жаропрочность конструкционного материала – это показатель его краснотемпературы;
б) краснотемпература конструкционного материала – это показатель его жаропрочности;
в) краснотемпература и жаропрочность конструкционного материала – это синонимы.

24. Продукт высокотемпературной коррозии металлов называется:
а) ржавчиной;
б) окалиной;
в) трухой.

25. Хладостойкость – это способность конструкционного материала сохранять требуемый уровень _____ свойств при низких температурах.
а) механических;
б) технологических;
в) эксплуатационных.

по подразделу 3.2.1

1. Сталь – это _____ сырье.
а) естественное;
б) искусственное;
в) естественное и искусственное.

2. Основой стали является:
а) железо;
б) углерод;
в) сера.

3. Постоянной примесью (постоянными примесями) в химическом составе сталей является (являются):
а) марганец;
б) сера;
в) марганец и сера.

4. Специально добавляемыми добавками (добавляемой добавкой) в процессе выплавки стали являются (является):
а) легирующие компоненты;
б) железо;
в) сера.

5. Взаимоисключающими качествами сталей как конструкционных материалов не являются:
- а) высокий уровень механических и эксплуатационных свойств;
 - б) высокий уровень эксплуатационных свойств и экономичность производства;
 - в) экономичность производства и высокий уровень механических свойств.
6. Классификационным признаком сталей не является их дифференциация по:
- а) химическому составу;
 - б) стоимости;
 - в) назначению.
7. Конструкционные стали могут быть:
- а) легированными;
 - б) углеродистыми;
 - в) легированными и углеродистыми.
8. С уменьшением содержания углерода:
- а) повышается пластичность и снижается твердость стали;
 - б) снижается пластичность и повышается твердость стали;
 - в) пластичность и твердость стали не изменяются.
9. С повышением содержания углерода свариваемость сталей:
- а) увеличивается;
 - б) уменьшается;
 - в) не изменяется.
10. Качество стали определяется содержанием в ней:
- а) примесей;
 - б) полезных добавок;
 - в) примесей и полезных добавок.
11. С повышением качества стали порог её хладноломкости:
- а) растет;
 - б) снижается;
 - в) не изменяется.
12. По качеству выделяют _____ разновидностей сталей.
- а) четыре;
 - б) пять;
 - в) шесть.
13. Буквами «Ст» маркируются _____ стали.
- а) углеродистые;
 - б) легированные;
 - в) углеродистые и легированные.
14. С гарантированным химическим составом поставляются конструкционные углеродистые стали обыкновенного качества группы (групп):
- а) Б;
 - б) В;
 - в) Б и В.

15. С увеличением степени раскисления стали её пластичность:

- а) возрастает;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется.

16. Максимальное содержание углерода в качественных конструкционных углеродистых сталях составляет _____ процента.

- а) 0,7;
- б) 0,8;
- в) 0,9.

17. Сталями обыкновенного качества не могут быть _____ стали.

- а) инструментальные;
- б) легированные;
- в) инструментальные и легированные.

18. Какой легирующий компонент в марках сталей обозначается буквой «В»?

- а) водород;
- б) ванадий;
- в) вольфрам.

19. Какой легирующий компонент в марках сталей обозначается буквой «Ц»?

- а) цинк;
- б) церий;
- в) цирконий.

20. Наибольшее распространение имеют _____ конструкционные стали.

- а) низколегированные;
- б) низколегированные и среднелегированные;
- в) низколегированные, среднелегированные и высоколегированные.

21. Начальной буквой «У» маркируются углеродистые _____ стали.

- а) конструкционные;
- б) инструментальные;
- в) конструкционные и инструментальные.

22. Высокая твердость и износостойкость при повышенных температурах – преимущество _____ инструментальных сталей.

- а) быстрорежущих;
- б) легированных;
- в) быстрорежущих и легированных.

23. Функциональные стали – это стали с особыми _____ свойствами.

- а) механическими;
- б) технологическими;
- в) эксплуатационными.

24. Что может означать присутствие буквы «Ш» в марке стали?

- а) особовысококачественную сталь;
- б) шарикоподшипниковую сталь;
- в) особовысококачественную или шарикоподшипниковую сталь.

25. Устойчивость к атмосферной коррозии сталям придает легирование небольшими количествами:

- а) меди;
- б) меди и хрома;
- в) меди, хрома и фосфора.

по подразделам 3.2.2-3.2.3

1. Чугун – это _____ сырье.

- а) естественное;
- б) искусственное;
- в) естественное и искусственное.

2. Основой чугунов является:

- а) железо;
- б) углерод;
- в) сталь.

3. Постоянной примесью (постоянными примесями) в химическом составе чугунов является (являются):

- а) марганец;
- б) сера;
- в) марганец и сера.

4. Передельными являются _____ чугуны.

- а) серые;
- б) белые;
- в) серые и белые.

5. В качестве конструкционного материала наиболее широко используются:

- а) белые чугуны;
- б) чугуны со свободным графитом;
- в) белые чугуны и чугуны со свободным графитом.

6. Медленным охлаждением кристаллизующегося железоуглеродного расплава получают _____ чугуны.

- а) ковкие;
- б) серые;
- в) ковкие и серые.

7. Наилучшими заменителями сталей, как конструкционных материалов, являются _____ чугуны.

- а) серые;
- б) ковкие;
- в) высокопрочные.

8. Графитизирующим отжигом получают _____ чугуны.

- а) ковкие;
- б) высокопрочные;
- в) антифрикционные.

9. Номер сплава по ГОСТу указывается в марках _____ чугунов.

- а) легированных;
- б) нелегированных;
- в) легированных и нелегированных.

10. Детали подшипниковых узлов трения скольжения изготавливаются из:

- а) шарикоподшипниковых сталей;
- б) антифрикционных чугунов;
- в) шарикоподшипниковых сталей и антифрикционных чугунов.

11. Марки чистой меди различаются по её:

- а) химическому составу;
- б) механическим свойствам;
- в) химическому составу и механическим свойствам.

12. Бронзы превосходят чистую медь по _____ свойствам.

- а) механическим;
- б) механическим и технологическим;
- в) механическим, технологическим и эксплуатационным.

13. В марках сталей и сплавов на основе меди одинаково обозначаются:

- а) легирующие компоненты;
- б) проценты содержания легирующих компонентов;
- в) легирующие компоненты и их процентное содержание.

14. Литейными могут быть:

- а) латуни;
- б) бронзы;
- в) латуни и бронзы.

15. Обозначения и содержания цинка нет в марках _____ латуней.

- а) литейных;
- б) деформируемых;
- в) литейных и деформируемых.

16. Содержание каких компонентов латуней и бронз находится по умолчанию?

- а) алюминия и железа;
- б) меди и цинка;
- в) углерода и хрома.

17. Как конструкционный материал, алюминий обладает хорошими _____ свойствами.

- а) физическими;
- б) эксплуатационными;
- в) физическими и эксплуатационными.

18. Недостатком алюминия, как конструкционного материала, является низкая:

- а) пластичность;
- б) плотность;
- в) прочность.

19. Наиболее высоколегированными являются:

- а) дуралюмины и алюминиевые сплавы дляковки и штамповки;
- б) алюминиевые сплавы дляковки и штамповки и высокопрочные алюминиевые сплавы;
- в) высокопрочные алюминиевые сплавы и дуралюмины.

20. Упрочняющей термической обработке подвергаются:

- а) высокопрочные алюминиевые сплавы;
- б) алюминиевые сплавы дляковки и штамповки;
- в) высокопрочные алюминиевые сплавы и алюминиевые сплавы дляковки и штамповки.

21. Не упрочняются термической обработкой сплавы алюминия с:

- а) медью и с магнием;
- б) магнием и с марганцем;
- в) марганцем и с медью.

22. Силумины – это сплавы алюминия с:

- а) магнием;
- б) кремнием;
- в) медью.

23. Магниеые сплавы могут быть:

- а) деформируемыми;
- б) литейными;
- в) деформируемыми и литейными.

24. Цинк, преимущественно, используется в качестве:

- а) легирующего компонента;
- б) конструкционного материала;
- в) легирующего компонента и конструкционного материала.

25. Титановые сплавы могут быть:

- а) литейными;
- б) деформируемыми;
- в) литейными и деформируемыми.

26. Инструментальные сплавы цветных металлов получают методами _____ металлургии.

- а) цветной;
- б) черной;
- в) порошковой.

27. Основой твердых сплавов являются карбиды:

- а) титана;
- б) титана и вольфрама;
- в) титана, вольфрама и тантала.

28. Наполнитель (связка) отсутствует в структуре:

- а) режущей керамики;
- б) твердых сплавов;
- в) режущей керамики и твердых сплавов.

29. Инструментальные материалы – это:

- а) твердые сплавы;
- б) баббиты;
- в) твердые сплавы и баббиты.

30. Основой баббитов является (являются):

- а) свинец;
- б) олово;
- в) свинец или олово.

по разделу 3.3

1. Большинство видов химической продукции используется в качестве:

- а) конструкционного материала;
- б) готовой продукции производственного назначения;
- в) конструкционного материала и готовой продукции производственного назначения.

2. К нефтепродуктам не относятся:

- а) пластичные смазки;
- б) каучуки;
- в) дизельные топлива.

3. При производстве взрывчатых веществ используется _____ кислота.

- а) азотная;
- б) соляная;
- в) серная.

4. Пищевая сода – это _____ натрия.

- а) гидрокарбонат;
- б) гидроокись;
- в) гидросульфат.

5. В свободном виде усваивается полезный компонент _____ минеральных удобрений.

- а) азотных;
- б) калийных;
- в) фосфорных.

6. Мочевина – это:

- а) содовый продукт;
- б) удобрение;
- в) полимер.

7. Связи электростатической природы в полимерах существуют между:

- а) мономерами;
- б) макромолекулами;
- в) мономерами и макромолекулами.

8. Кремния не содержат _____ полимеры.

- а) смешанные;
- б) неорганические;
- в) органические.

9. Каким сырьем являются природные полимеры?

- а) растительным;
- б) животным;
- в) растительным и животным.

10. Природные полимеры не являются _____ сырьем.

- а) минеральным;
- б) растительным;
- в) животным.

11. Полимеры уступают металлическим конструкционным материалам по своим _____ свойствам.

- а) эксплуатационным;
- б) механическим;
- в) эксплуатационным и механическим.

12. Пластификаторы улучшают _____ свойства пластмасс.

- а) эксплуатационные;
- б) технологические;
- в) эксплуатационные и технологические.

13. Отвердители изменяют _____ свойства пластмасс.

- а) механические;
- б) технологические;
- в) эксплуатационные.

14. Термопласты не меняют своей структуры в результате:

- а) нагрева;
- б) охлаждения;
- в) нагрева и охлаждения.

15. Смолы – это основа (связующее):

- а) термопластов;
- б) реактопластов;
- в) термопластов и реактопластов.

16. Свойства термореактивных пластмасс обусловлены видом их:

- а) связующего;
- б) отвердителя;
- в) наполнителя.

17. Однокомпонентными являются _____ пластмассы.

- а) термопластичные;
- б) термореактивные;
- в) термопластичные и термореактивные.

18. Реактопластами являются пластмассы с _____ наполнителем.

- а) порошковым;
- б) порошковым и волокнистым;
- в) порошковым, волокнистым и слоистым.

19. Газонаполненными пластмассами с замкнутой пористой структурой являются:

- а) поропласты;
- б) пенопласты;
- в) поропласты и пенопласты.

20. Подвиды химических волокон выделяют по _____ полимера, из которого они получены.

- а) названию;
- б) происхождению;
- в) названию или происхождению.

21. Химические волокна получают из _____ полимеров.

- а) синтетических;
- б) искусственных;
- в) синтетических и искусственных.

22. Растительное и животное сырье – источник получения _____ волокон.

- а) натуральных;
- б) химических;
- в) натуральных и химических.

23. Синтетические каучуки превосходят натуральный каучук по своим _____ свойствам.

- а) эксплуатационным;
- б) технологическим;
- в) эксплуатационным и технологическим.

24. Амортизационная способность резины – это её _____ свойство.

- а) механическое;
- б) технологическое;
- в) эксплуатационное.

25. Эластичность – это склонность материала к _____ деформациям.

- а) упругим;
- б) пластическим;
- в) упругим и пластическим.

26. Процесс получения резин из каучуков называется:

- а) синхронизацией;
- б) вулканизацией;
- в) канонизацией.

27. Бензин – это _____ топливо.

- а) котельное;
- б) карбюраторное;
- в) реактивное.

28. Соляровые масла – это _____ топливо.

- а) карбюраторное;
- б) дизельное;
- в) котельное.

29. Жидкими по агрегатному состоянию являются:

- а) смазочные масла;
- б) консистентные смазки;
- в) смазочные масла и консистентные смазки.

30. Продуктом (продуктами) прямой (фракционной) перегонки нефти является (являются):

- а) мазут;
- б) керосин;
- в) мазут и керосин.

по разделу 3.4

1. Строительные материалы применяются для ремонта _____ зданий.

- а) жилых;
- б) производственных;
- в) жилых и производственных.

2. Строительные материалы используются как:

- а) готовые материалы производственного назначения;
- б) конструкционные материалы;
- в) готовые материалы производственного назначения и как конструкционные материалы.

3. Материалом дорожных покрытий является _____ камень.

- а) бутовый;
- б) бортовой;
- в) бутовый и бортовой.

4. Штучные изделия из природных каменных материалов не получают:

- а) дроблением;
- б) фрезерованием;
- в) шлифованием.

5. Грубообработанным природным каменным материалом не является:

- а) гравий;
- б) щебень;
- в) бутовый камень.

6. Штучными изделиями являются:

- а) облицовочные плиты;
- б) колонны и ступени;
- в) облицовочные плиты, колонны и ступени.

7. Огнестойкими должны быть каменные материалы, используемые для _____ зданий.

- а) кладки;
- б) наружной отделки;
- в) внутренней отделки.

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

- а) щебень;
- б) гравий;
- в) щебень и гравий.

9. Бутовый камень используется как:
а) материал для кладки фундаментов зданий;
б) заполнитель при приготовлении бетонов;
в) материал для кладки фундаментов зданий и как заполнитель при приготовлении бетонов.

10. Взрывными работами получают:

- а) бутовый камень;
- б) стеновые блоки;
- в) облицовочные плиты.

11. Естественными строительными материалами являются:

- а) щебень и гравий;
- б) гравий и песок;
- в) песок и щебень.

12. Санитарно-технические изделия изготавливаются из:

- а) черепицы;
- б) фарфора;
- в) фаянса.

13. Стеновым материалом является _____ кирпич.

- а) лицевой;
- б) строительный;
- в) лицевой и строительный.

14. Строительный кирпич является:

- а) легкоплавким;
- б) тугоплавким;
- в) огнеупорным.

15. Значительная трудоемкость кладки из строительного кирпича обусловлена его высокой:

- а) теплопроводностью;
- б) плотностью;
- в) теплопроводностью и плотностью.

16. По окончании процесса схватывания минеральное вяжущее вещество превращается в _____ камень.

- а) естественный;
- б) искусственный;
- в) естественный или искусственный.

17. Эксплуатационное свойство (эксплуатационные свойства) минерального вяжущего вещества – это _____ процесса его схватывания.

- а) начало;
- б) конец;
- в) начало и конец.

18. К гидравлическим минеральным вяжущим веществам относится (относятся):

- а) жидкое стекло;
- б) цемент;
- в) жидкое стекло и цемент.

19. Наибольшую долю в составе бетонной смеси имеет:

- а) минеральное вяжущее вещество;
- б) заполнитель;
- в) вода.

20. Воздух – заполнитель _____ бетонов.

- а) легких;
- б) особо легких;
- в) легких и особо легких.

21. Удовлетворительной является прочность бетона на:

- а) изгиб;
- б) сжатие;
- в) растяжение.

22. На строительных площадках изготавливают _____ бетонные конструкции.

- а) сборные;
- б) монолитные;
- в) сборные и монолитные.

23. Эксплуатационные затраты связаны с _____ бетонных и железобетонных конструкций.

- а) производством;
- б) использованием;
- в) производством и использованием.

24. Минеральное вяжущее вещество используется при производстве _____ кирпича.

- а) силикатного;
- б) керамического;
- в) силикатного и керамического.

25. Заполнителем (заполнителями) силикатных бетонов является (являются):

- а) песок;
- б) песок и гравий;
- в) песок, гравий и щебень.

26. Асбестоцемент не является _____ строительным материалом.

- а) кровельным;
- б) облицовочным;
- в) кладочным.

27. Минераловатные изделия являются _____ материалом.

- а) облицовочным;
- б) теплоизоляционным;
- в) кровельным.

28. Светопрозрачность – это _____ свойство стекла.

- а) физическое;
- б) механическое;
- в) эксплуатационное.

29. Со сталями стекло соизмеримо по:

- а) твердости;
- б) упругости;
- в) плотности.

30. Для изготовления стеклопакетов используется _____ строительное листовое стекло.

- а) витринное;
- б) оконное;
- в) витринное и оконное.

31. Из какого стекла делается стеклотара?

- а) оконного;
- б) витринного;
- в) оконного и витринного.

32. Пропускает ультрафиолетовое излучение _____ стекло.

- а) кварцевое;
- б) увиолевое;
- в) солнцезащитное.

33. Для остекления фар транспортных средств используют _____ стекло.

- а) трехслойное;
- б) узорчатое;
- в) матовое.

34. Большую часть в структуре ситаллов составляет _____ фаза.

- а) кристаллическая;
- б) аморфная;
- в) армирующая.

35. Пористость древесины относится к её _____ свойствам.

- а) эксплуатационным;
- б) технологическим;
- в) физическим.

36. Конструкционным материалом являются _____ брёвна.

- а) строительные;
- б) пиловочные;
- в) строительные и пиловочные.

37. Для строительства зданий используются брёвна _____ пород дерева.

- а) хвойных;
- б) лиственных;
- в) хвойных и лиственных.

38. Какой пиломатериал имеет поперечное сечение прямоугольного профиля?

- а) доска;
- б) рейка;
- в) доска и рейка.

39. Ферма – это клеёная древесная треугольная конструкция из:

- а) бревен;
- б) досок;
- в) брусьев.

40. Горячим прессованием получают _____ плиты.

- а) древесноволокнистые;
- б) древесно-стружечные;
- в) древесноволокнистые и древесно-стружечные.

по разделу 3.5

1. Необходимость создания композиционных материалов была продиктована развитием:

- а) техники;
- б) технологии;
- в) техники и технологии.

2. При создании композиционного материала оговаривается (оговариваются) _____ его компонентов.

- а) состав;
- б) состав и форма;
- в) состав, форма и распределение.

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

- а) армирующий компонент;
- б) матрица;
- в) армирующий компонент и матрица.

4. Гетерогенность – свойство:

- а) композиционного материала в целом;
- б) отдельных фаз композиционного материала;
- в) как композиционного материала в целом, так и его отдельных фаз.

5. Количественным показателем (количественными показателями) композиционного материала является (являются) _____ его фаз.

- а) число;
- б) содержание;
- в) число и содержание.

6. На дисперсно-упрочненные и волокнистые композиты делятся по геометрической форме своей:

- а) матрицы;
- б) армирующей фазы;
- в) матрицы и армирующей фазы.

7. Армирующим компонентом дисперсно-упрочненных композитов являются порошки:

- а) металлов;
- б) соединений металлов;
- в) металлов и их соединений.

8. Самые высокие рабочие температуры обеспечивают дисперсно-упрочненные композиты на основе:

- а) цветных металлов;
- б) стали;
- в) цветных металлов и стали.

9. Нульмерный упрочняющий компонент имеют _____ композиционные материалы.

- а) дисперсно-упрочненные;
- б) волокнистые;
- в) дисперсно-упрочненные и волокнистые.

10. Волокнистые композиты разделяют по материалу (материалам):

- а) упрочняющего компонента;
- б) матрицы;
- в) упрочняющего компонента и матрицы.

11. Упрочняющей фазой волокнистых композиционных материалов являются металлические:

- а) порошки и волокна;
- б) волокна и ткани;
- в) ткани и порошки.

12. Прочность волокнистого композита определяется прочностью его:

- а) упрочняющей фазы;
- б) матрицы;
- в) упрочняющей фазы и матрицы.

13. Вид материалов матрицы и армирующей фазы образует названия _____ композитов.

- а) дисперсно-упрочненных;
- б) волокнистых;
- в) дисперсно-упрочненных и волокнистых.

14. При изготовлении волокнистых композитов в твердой фазе может (могут) находиться материал (материалы):

- а) армирующего компонента;
- б) матрицы;
- в) армирующего компонента и матрицы.

15. Анизотропными являются _____ композиционные материалы.

- а) волокнистые;
- б) дисперсно-упрочненные;
- в) волокнистые и дисперсно-упрочненные.

16. Не бывает _____ волокнистых композиционных материалов.

- а) органоуглеродных;
- б) стеклометаллических;
- в) органоуглеродных и стеклометаллических.

17. Наиболее распространены волокнистые композиционные материалы с _____ матрицей.
- а) металлической;
 - б) полимерной;
 - в) углеродной.
18. Специфические свойства наноматериалов обусловлены их:
- а) размерами;
 - б) технологией получения;
 - в) размерами и технологией получения.
19. Объект, имеющий в рамках нанодиапазона три характеристических размера, называется:
- а) наночастицей;
 - б) нанотрубкой;
 - в) нанопленкой.
20. Наноккомпозиты относят _____ композиционным материалам.
- а) к дисперсно-упрочненным;
 - б) к волокнистым;
 - в) как к дисперсно-упрочненным, так и к волокнистым.

Литература

1. Адаскин, А. М. Материаловедение в машиностроении. В 2 ч. Части 1 и 2: учебник для академического бакалавриата / А. М. Адаскин, Ю. Е. Седов, А. К. Онегина, В. Н. Климов. – Москва: 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. – Санкт-Петербург: Питер, 2018. – 480 с.
4. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / под ред. А. И. Батышева и А. А. Смолькина. – Москва: ИНФРА-М, 2020. – 288 с.
5. Орехов, В. Н. Системы технологий. Программа курса, практикум, рекомендации для выполнения технологической части дипломных проектов и работ. – Харьков: Издательский дом «ИНЖЭК», 2005. – 197 с.
6. 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. – Санкт-Петербург: Политехника, 2010. – 312 с.
7. Перминов, Н. А. Материаловедение и технология конструкционных материалов для нетехнических направлений обучения: учебное пособие / Н. А. Перминов. – Ижевск: Издательство «Удмуртский университет», 2016. – 139 с.
8. Солнцев, Ю. П., Ермаков, Б. С. Пирайнен, В. Ю. Технология конструкционных материалов: учебник для вузов. – Санкт-Петербург: ХИМИЗДАТ, 2017. – 504 с.
9. 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. – Москва: Высшая школа, 1995. – 496 с.

ОТВЕТЫ НА ТЕСТЫ

Введение и тема 1

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

Раздел 2.1 темы 2

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

Разделы 2.2-2.3 темы 2

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

Раздел 3.1 темы 3

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

Подраздел 3.2.1 раздела 3.2 темы 3

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

Подразделы 3.2.2-3.2.3 раздела 3.2 темы 3

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

Раздел 3.3 темы 3

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

Раздел 3.4 темы 3

1(в), 2(в), 3(б), 4(а), 5(а), 6(в), 7(в), 8(в), 9(в), 10(а), 11(б), 12(в), 13(б), 14(а), 15(б), 16(б), 17(в), 18(б), 19(б), 20(б), 21(б), 22(б), 23(б), 24(а), 25(а), 26(в), 27(б), 28(в), 29(в), 30(в), 31(а), 32(б), 33(б), 34(б), 35(в), 36(а), 37(а), 38(в), 39(в), 40(в).

Раздел 3.5 темы 3

1(а), 2(в), 3(в), 4(а), 5(в), 6(б), 7(б), 8(б), 9(а), 10(в), 11(б), 12(а), 13(б), 14(в), 15(а), 16(в), 17(б), 18(а), 19(а), 20(б).

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЭКОНОМИКА КАК СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЙ.....	5
1.1. Определение технологической системы и структура её первичного звена..	5
1.2. Технологический процесс как функция одноименной технологической системы	7
1.3. Иерархия технологических систем	10
Вопросы для самоконтроля.....	12
Тесты	13
Литература	16
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.....	30
Тесты	32
Литература	39
3. ПРОМЫШЛЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	40
3.1. Назначение, классификация и свойства промышленных материалов	40
3.2. Металлические конструкционные материалы	47
3.2.1. Стали.....	47
3.2.2. Чугуны	53
3.2.3. Цветные металлы и их сплавы	55
3.3. Химическая продукция	63
3.4. Строительные материалы.....	76
3.5. Композиционные материалы и наноматериалы	85
Вопросы для самоконтроля.....	91
Тесты	97
Литература	115
ОТВЕТЫ НА ТЕСТЫ	116

ОПИСАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ИЗДАНИЯ:

Интерфейс электронного издания (в формате pdf) можно условно разделить на 2 части.

Левая навигационная часть (закладки) включает в себя содержание книги с возможностью перехода к тексту соответствующей главы по левому щелчку компьютерной мыши.

Центральная часть отображает содержание текущего раздела. В тексте могут использоваться ссылки, позволяющие более подробно раскрыть содержание некоторых понятий.

МИНИМАЛЬНЫЕ СИСТЕМНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ:

Celeron 1600 Mhz; 128 Мб RAM; Windows XP/7/8 и выше; 8x DVD-ROM; разрешение экрана 1024×768 или выше; программа для просмотра pdf.

СВЕДЕНИЯ О ЛИЦАХ, ОСУЩЕСТВЛЯВШИХ ТЕХНИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ И ПОДГОТОВКУ МАТЕРИАЛОВ:

Оформление электронного издания : Издательский центр «Удмуртский университет».

Компьютерная верстка: Т. В. Опарина

Авторская редакция

Подписано к использованию 03.07.2026

Объем электронного издания 1,8 Мб

Издательский центр «Удмуртский университет»

426034, г. Ижевск, ул. Ломоносова, д. 4Б, каб. 021

Тел. : +7(3412)263-751 E-mail: editorial@udsu.ru
