

Министерство просвещения Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Томский государственный педагогический университет»  
(ТГПУ)

# **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ**

*Учебно-методическое пособие*

Томск  
2020

УДК 62 (075.8)  
ББК 30.600 я 73  
П 27

Печатается по решению  
Учебно-методического совета  
Томского государственного  
педагогического университета

**П 27 Перспективные технологии производства продукции** : учебно-методическое пособие / Е. С. Синогина, С. А. Ломовская, И. А. Екимова, В. А. Серяков, А. С. Федотов, Ю. П. Хмелевский, Р. Ю. Пак, Р. Р. Ахмеджанов. – Томск : Издательство Томского государственного педагогического университета, 2020. – 152 с.

В учебно-методическом пособии изложены основные сведения о новых технологических процессах – виды, особенности, современные проблемы развития технологий производства высокотехнологичной и наукоемкой продукции. Рассмотрены характеристики, типы и свойства промышленных материалов, искусственные интеллектуальные системы, являющиеся инфраструктурой цифровой экономики, проанализированы инновационные подходы к управлению предприятием. В ознакомительном порядке дан обзор некоторых динамично развивающихся направлений и методов биоинженерии, включая генетическую модификацию сельскохозяйственных культур, пищевую биотехнологию, биомедицинскую технологию. Пособие содержит значительное количество сведений иллюстративного характера, которые делают пособие более информативным.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки), направленностям (профилям) Технология и Безопасность жизнедеятельности, а также для всех интересующихся передовыми производственными технологиями.

УДК 62 (075.8)  
ББК 30.600 я 73

*Рецензенты:*

канд. пед. наук, заведующая кафедрой профессионального обучения, технологии и дизайна факультета технологии и предпринимательства ТГПУ, доцент *Н. В. Скачкова*;

канд. техн. наук, инженер-проектировщик ОП Томск ООО «Мособлтранспроект», доцент *М. В. Анисимов*.

© Авторский коллектив, 2020  
© ФГБОУ ВО «ТГПУ», 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
Глава 1. МИРОВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В ОБЛАСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....	7
1.1. Отрасли и технологии современного производства .....	7
1.2. Понятие перспективных производственных технологий .....	17
1.3. Новые методы управления производством .....	24
Глава 2. АДАПТИВНЫЕ И «УМНЫЕ» ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ .....	32
2.1. Применение технологий искусственного интеллекта .....	34
2.2. Применение роботов в промышленности и быту .....	38
2.3. Развитие интеллектуальных систем обеспечения комплексной безопасности населения .....	47
Глава 3. БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ .....	57
3.1. Общие представления о биотехнологии .....	57
3.2. Современные направления пищевой биотехнологии .....	58
3.3. Генетическая инженерия растений .....	68
3.4. Роль методов и средств биотехнологии в повышении качества жизни человека .....	70
Глава 4. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ .....	76
4.1. Металлы и сплавы с особыми свойствами .....	77
4.2. Композиционные материалы .....	87
4.3. Наноматериалы .....	99
Глава 5. СВЯЗЬ ДИЗАЙНА С СОВРЕМЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И ТЕХНОЛОГИЯМИ .....	108
5.1. Общее понятие об аддитивных технологиях .....	108
5.2. Отрасли применения аддитивных технологий .....	112
5.3. Современные технологии металлообработки .....	121
Краткий словарь терминов .....	136
Задания для самостоятельной работы .....	139
Тестовые задания .....	141
Вопросы к зачету .....	147
Литература .....	148

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Согласно государственной программе мер по поддержке развития перспективных отраслей Национальной технологической инициативе, принятой 4 декабря 2014 года и определяющей план развития промышленности в России на ближайшие 20 лет, к передовым производственным технологиям относятся цифровое проектирование и моделирование, включая суперкомпьютерный инжиниринг, новые материалы (композиционные материалы, метаматериалы, металлопорошки), аддитивные и гибридные технологии, гибкие производственные ячейки/робототехнические комплексы, всевозможные датчики, промышленный интернет, большие данные, технологии виртуальной и дополненной реальности, экспертные системы и искусственный интеллект.

Мировые продажи промышленных роботов выросли до 178 тыс. шт., российский рынок робототехники представлен преимущественно космическими управляемыми аппаратами, экстремальной, промышленной и военной робототехникой. Его объем незначителен: на долю российского рынка промышленной робототехники приходится около 0,2 % от мирового рынка. Наиболее развитым сегментом отрасли в России остается робототехника специального назначения, использующая накопленный в советские годы потенциал, а основным потребителем промышленных роботов в стране остается автомобильная промышленность. В то же время для ряда сегментов, таких как сервисная робототехника (роботы, занятые в сфере услуг, например, робот для инвентаризации товаров в магазинах, автоматизированная система для приготовления пищи, робот-бармен, робот-уборщик для обеспечения стерильности в больницах, робот-курьер, робот-консьерж, робот-администратор), существует значительный нереализованный потенциал. Обеспечение нового качества продукта (новых характеристик и свойств, сокращение объемов брака), экономия ресурсов, сокращение сроков производства, управление сложностью производства являются ключевыми задачами, для решения которых требуется внедрение технологий промышленной автоматизации и роботизации.

Цифровое производство – это совокупность технологий промышленного производства, характеризующаяся практически полным исключением человека из процесса принятия решения (искусственный интеллект сам принимает решение на основании показаний датчиков, тенденций на рынках, погоды и т.п.; человек еще остается, но в роли исполнительного «механизма» с четко обозначенным функционалом – заготовки подносить, стружку убирать), возможностью удаленного получения информации в электронном виде обо всех стадиях процесса производства и возможностью мелкосерийного и единичного изготов-

ления широкого перечня продукции с минимальными затратами в короткие сроки. Основным связующим звеном между различными видами автоматизированного технологического оборудования с числовым программным управлением в цифровом производстве служат универсальные технологические роботы с шестью и более управляемыми координатами. Роботы могут перемещать в пространстве заготовки, детали, оснастку и инструмент по произвольным законам, осуществлять загрузку-разгрузку оборудования, контроль и сортировку различных объектов, реализовывать произвольные законы движения различных инструментов для обеспечения технологических процессов сборки, сварки, резки, маркировки, нанесения герметизирующих, защитных и декоративных покрытий.

Важным компонентом современного цифрового производства являются аддитивные установки или установки послойного синтеза – так называемые 3D-принтеры. Важной особенностью аддитивных установок является их полная автоматизация и возможность производить детали произвольной, сверхсложной формы с заданными свойствами практически без затрат на технологическую подготовку. Аддитивные технологии обеспечивают гибкость, необходимую для быстрого производства сложной индивидуализированной инновационной продукции и запасных частей, которые не могут быть изготовлены с помощью традиционных производственных технологий либо требуются в малых количествах.

Ключевыми проблемами при внедрении аддитивных технологий являются дефицит квалифицированных кадров и отсутствие отечественного серийно выпускаемого оборудования, которое невозможно приобрести и создать без целевой поддержки со стороны государства.

Формирование новой технологической платформы в промышленности на основе межмашинного взаимодействия, с использованием промышленного интернета, высокотехнологичного компьютерного инжиниринга, а также переход к гибким производственным системам и интеллектуализация различных инфраструктур (создание «умных заводов», «умного транспорта») позволят обеспечить конкурентоспособность российской промышленности на мировом уровне.

Несомненно, устойчивый экономический и промышленный рост возможен только при наличии квалифицированных инженерных кадров нового поколения. Речь, прежде всего, идет о молодых людях, рожденных в новом тысячелетии, для которых ИТ-технологии являются неотъемлемой частью всей их сознательной жизни. Важно обучить и вырастить новое поколение разработчиков и эксплуатантов оборудования, которые будут свободно владеть профессиональными навыками использования передовых технологий производства продукции. Человек и технологии должны развиваться параллельно, в единой целостной

структуре, согласно стратегии экономического развития страны и благодаря масштабному вкладу в воспитание, образование, здоровье, знания (науку), предпринимательскую способность и климат, в информационное обеспечение труда, в безопасность граждан и бизнеса и экономическую свободу, а также в культуру, искусство и другие составляющие.

Настоящее учебно-методическое пособие предназначено для студентов педагогических вузов, специализирующихся в образовательной области «Технология». В нем рассмотрены современные технологии разработки, реализации и внедрения инноваций на предприятиях различных сфер деятельности.

В первой главе представлены краткие сведения о системе отраслей производственной и непроизводственной сфер экономики, перечислены основные межотраслевые комплексы России, классификация производственных процессов. Во второй главе рассматриваются некоторые образцы применения интеллектуальных технологий для решения различных задач обработки информации и управления. В третьей главе раскрыты общие представления о биотехнологии и ее наиболее известных направлениях и областях применения, приведены достижения биотехнологии как науки и как отрасли промышленности. В четвертой главе даются основные понятия и сведения о металлических и неметаллических материалах, в том числе о композиционных и наноструктурных материалах; приводятся основы физики поверхности наноматериалов, с помощью которых можно объяснить их особые свойства.

В пятой главе рассмотрены состояние и перспективы применения аддитивных технологий в сфере материального производства, а также в ознакомительном порядке описаны современные технологии металлообработки.



# Глава 1. МИРОВЫЕ ПРИОРИТЕТЫ В ОБЛАСТИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

## 1.1. Отрасли и технологии современного производства

### *Отрасли производства*

Экономика любой страны представляет собой единый комплекс взаимосвязанных отраслей.

В экономических исследованиях, как правило, используются такие понятия, как сфера, отрасль, сектор экономики. Опираясь на такие критерии как характер общественного разделения труда и участия в создании совокупного общественного продукта и национального дохода общественное производство можно подразделить на сферу материального производства и непроеизводственную сферу. Такая группировка общественного производства используется для правильного определения объема общественного продукта и национального дохода, их распределения, перераспределения и использования, составления баланса трудовых ресурсов, а также для определения экономической эффективности.

**Сфера материального производства** – это все виды деятельности, которые создают материальные блага в форме продуктов, энергии, перемещения грузов, хранения продуктов, сортировки, упаковки и других функций, которые фактически являются продолжением производства в сфере обращения. Соответственно, материальное производство – это промышленность, сельское и лесное хозяйство, грузовой транспорт, связь (которая обслуживает материальное производство), строительство, торговля, общественное питание, информационно-вычислительное обслуживание, а также прочие виды деятельности сферы материального производства.

**Непроизводственная сфера деятельности** образуется теми видами деятельности, в процессе которых материальные блага не создаются. Таким образом, непроеизводственная сфера – это жилищно-коммунальное хозяйство, пассажирский транспорт, связь (обслуживающая организации непроеизводственной сферы и население), здравоохранение, образование, культура и искусство, наука.

Сферы экономики традиционно подразделяются на специализированные отрасли. **Отрасль в экономике** – это группа однородных хозяйственных единиц, т.е. предприятий, организаций или учреждений, которые характеризуются, прежде всего, особыми условиями производства в системе общественного разделения труда, однородной продукцией и выполнением общей (специфической) функции в национальном хозяйстве. Такое деление экономики – результат исторического процесса, развития общественного разделения труда.

**Отраслевая классификация** – это группировка схожих видов экономической деятельности. Ее основным преимуществом является возможность классифицировать предприятия не только по отраслям, но и по подотраслям (например, производство легковых и производство грузовых автомобилей), или же напротив, объединять отдельные отрасли в крупные отрасли (например, производство одежды и обуви как часть легкой промышленности), а затем в еще более крупные отрасли (промышленность, сельское хозяйство, наука и научное обслуживание и т.д.) Завершающим этапом такой классификации являются сектора экономики:

- первичный – сельское, лесное хозяйство, охота и рыболовство;
- вторичный – промышленность и строительство;
- третичный – услуги, которые подразделяются на производственную и социальную инфраструктуру.

**Инфраструктура** представляет собой совокупность материальных средств, обеспечивающих производственные и социально-бытовые потребности. Ее основная задача – эффективное обеспечение процесса производства. Кроме этого инфраструктура играет важную роль в развитии социально-бытовой сферы населения, развитии комплексности хозяйства и в освоении новых территорий.

Продолжением процесса производства в сфере обращения и созданием новой стоимости занимается **производственная инфраструктура**. Это транспорт, связь, складское и тарное хозяйство, материально-техническое снабжение, инженерные сооружения, теплотрассы, водопровод, коммуникации и сети газо- и нефтепроводов, ирригационные системы и т.д.

В свою очередь, **социальная инфраструктура** включает в себя пассажирский транспорт, систему связи по обслуживанию населения, жилищно-коммунальное хозяйство и бытовое обслуживание городских и сельских поселений.

Среди отраслей хозяйства к сфере материального производства относят следующие:

- промышленность;
- сельское хозяйство;
- лесное хозяйство;



- рыбное хозяйство;
- транспорт и связь;
- строительство;
- торговля и общественное питание;
- материально-техническое снабжение и сбыт;
- заготовки;
- информационно-вычислительное обслуживание;
- операции с недвижимым имуществом;
- общая коммерческая деятельность по обеспечению функционирования рынка;
- геология и разведка недр, геодезическая и гидрометеорологическая службы;
- прочие виды деятельности сферы материального производства.

**Промышленность** является одной из ведущих составляющих хозяйственного комплекса Российской Федерации. Ее первостепенная задача состоит в обеспечении всех отраслей экономики орудиями труда и новыми материалами. Кроме того, промышленность является активным фактором научно-технического прогресса и расширенного воспроизводства в целом. От других отраслей хозяйства промышленность отличается своими комплексно- и районообразующими функциями.

Промышленность России характеризуется своей сложной многоотраслевой структурой, которая отражает изменения в развитии производительных сил, в совершенствовании территориального разделения общественного труда, связанную с научно-техническим прогрессом.

Современную промышленность также отличает высокий уровень специализации. Отраслевая структура промышленности образовалась в результате углубления общественного разделения труда и возникновения впоследствии множества отраслей, подотраслей и видов производств.

В составе промышленности насчитывается более 15 комплексных отраслей. Они фактически представляют крупные группы отраслей промышленности, каждая из которых состоит из отраслей/видов производств (многие из которых сейчас уже не функционируют):

1) Электроэнергетика – область энергетики, нацеленная на получение, передачу, преобразование и использование электроэнергии. Так, разновидностями электроэнергетических комплексов являются, например, тепловые электростанции, атомные электростанции, гидроэлектростанции и т.д.

2) Топливная промышленность включает в себя различные отрасли промышленности, занимающиеся добычей и переработкой различных видов топлива. Среди них можно выделить нефтедобывающую промышленность, газовую промышленность, добычу природного газа, а также угольную промышленность.

3) Черная металлургия – одна из отраслей тяжелой промышленности – занимается производством сплавов на основе железа. Здесь широко распространены производства по добыче и обогащению рудного и нерудного сырья, огнеупоров, продуктов коксохимии, чугуна, стали, ферросплавов, стальных и чугунных труб. Черная металлургия не только производит, но и перерабатывает – существует множество предприятий по вторичной обработке черных металлов: предприятия по добыче железных, марганцевых руд, предприятия по производству чугуна, стали, проката черных металлов, заводы по разделке лома и отходов черных металлов.

4) Цветная металлургия, как и черная, является отраслью тяжелой промышленности. Главная ее функция – добыча, обогащение и переработка руд цветных металлов. Здесь можно выделить алюминиевую, медную, свинцово-цинковую, никель кобальтовую промышленности, промышленность редких металлов и полупроводниковых материалов, промышленность драгоценных металлов и алмазов и т.д.

5) В тяжелой промышленности стоит отметить также отрасль химической и нефтехимической промышленности. В ней доминируют, химические методы переработки сырья и материалов. К ней относятся горнохимическая и азотная промышленность, производство фосфатных удобрений, содовая промышленность, промышленность синтетических смол, пластмассовых изделий, производство стекловолокна, магнитофонных кассет, лакокрасочная промышленность, промышленность бытовой химии, химико-фотографическая промышленность, производство синтетического каучука, а также шинная промышленность.

6) Также отдельной отраслью промышленности является машиностроение и металлообработка. Машиностроение занимается изготовлением орудий труда для народного хозяйства, а также предметов потребления и продукции оборонного назначения. Металлообработка занимается производством металлических изделий, ремонтом машин и оборудования. Здесь выделяются такие отрасли как энергетическое, подъемно-транспортное, химическое и нефтяное машиностроение, станкостроительная и инструментальная промышленность, приборостроение, промышленность средств вычислительной техники, автомобильная промышленность, тракторное и сельскохозяйственное машиностроение, строительно-дорожное и коммунальное машиностроение, электронная промышленность, производство металлических изделий производственного и непромышленного назначения – от ножниц и бритв до оборудования детских площадок.

7) Комплекс отраслей по заготовке, механической и химической обработке и переработке древесины – это лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность. Несмотря на то, что эти

отрасли отличаются друг от друга технологией производства и назначением готовой продукции, они используют одинаковое сырье. Данная отрасль промышленности подразделяется на лесозаготовительную промышленность, деревообрабатывающую промышленность, мебельную промышленность, целлюлозно-бумажную промышленность.

8) Промышленность строительных материалов специализируется на производстве строительных материалов для всевозможных видов строительства. Она включает в себя такие отрасли как цементная промышленность, промышленность стеновых материалов, строительной керамики, промышленность по добыче и обработке облицовочных материалов из природного камня, промышленность известняковых, гипсовых и местных вяжущих материалов, и изделий из них и т.д.

9) Производством строительного и технического стекла, фарфорофаянсовой посуды, хозяйственных бытовых изделий, изделий из хрусталя, зеркал, керамической плитки занимается отрасль стекольной и фарфорофаянсовой промышленности. Предприятия этой отрасли занимаются производством оконного стекла, бутылок, зеркал, стекла для ламп и фонарей, хрустальной посуды.

10) Легкая промышленность – отрасль промышленности, которая производит товары народного потребления. Здесь выделяются текстильная промышленность, швейная промышленность, кожевенная, обувная и меховая промышленность, и даже производство, например, пуговиц.

11) Пищевая промышленность отвечает за выпуск, прежде всего, продуктов питания, но кроме этого также производит мыло и моющие средства, парфюмерно-косметические и табачные изделия. Это хорошо знакомые всем отрасли, с продуктами которых население сталкивается практически каждый день – хлебопекарная, ликероводочная, чайная, табачно-махорочная, плодоовощная, мясная и молочная, рыбная промышленность, производство мыла и моющих средств, парфюмерно-косметическая промышленность и т.д.

12) Микробиологическая промышленность называется так потому, что ее производственные средства основаны на микробиологическом синтезе продукции, т.е. при производстве используются микроорганизмы. Эта отрасль занимается производством, например, кормовых дрожжей, аминокислот, витаминов.

13) Фармацевтическая и медицинская промышленность – отрасль промышленности, отвечающая за производство лекарственных средств и медицинских изделий, в том числе имплантируемых в организм человека.

14) Полиграфическая промышленность занимается изготовлением различных видов печатной продукции: книг, журналов, газет, упаковочной бумаги и т.д.

**Непроизводственная сфера** включает в себя отрасли экономики, занимающиеся непосредственно обслуживанием населения или обеспечением существования общества в целом.

Однако существуют отрасли обслуживания, которые в некоторых случаях не включают в непроизводственную сферу. Например, торговля и общественное питание фактически имеют дело с материальными предметами, поэтому могут быть отнесены к производственной сфере.

Среди отраслей непроизводственной сферы выделяют следующие:

- 1) жилищно-коммунальное и бытовое обслуживание населения;
- 2) пассажирский транспорт;
- 3) связь (по обслуживанию организаций и непроизводственной деятельности населения);
- 4) здравоохранение, физическую культуру;
- 5) социальное обеспечение;
- 6) образование;
- 7) науку и научное обслуживание;
- 8) культуру и искусство;
- 9) кредитование, финансирование и страхование;
- 10) государственное управление;
- 11) оборона и охрана общественного порядка.

Современная структура хозяйства страны характеризуется наличием как отраслевых, так и межотраслевых комплексов. Упор делается не только на развитии конкретной отрасли, но и на процессе укрепления различных производственных связей и интеграции разных этапов производства. Соответственно, межотраслевые производства могут возникать и развиваться как внутри одной отдельно взятой отрасли, так и между разными отраслями, в случаях, когда они имеют тесные технологические связи.

Таким образом, **межотраслевой комплекс** – это интеграционная структура, которая характеризуется взаимодействием разных отраслей и их элементов, разных этапов производства и распределения продуктов.

Среди современных межотраслевых комплексов можно выделить несколько основных: топливно-энергетический, металлургический, машиностроительный, химико-лесной, транспортный, агропромышленный и строительный. Последние два отличаются усложненной структурой из-за включения разных отраслей хозяйства. Так, например, агропромышленный комплекс объединяет все отрасли хозяйства, которые принимают участие в производстве сельскохозяйственной продукции и способствуют ее доведению до потребителя.

Условно, межотраслевые народнохозяйственные комплексы подразделяются на целевые и функциональные. В основе выделения **целевых** комплексов лежит воспроизводственный принцип и критерий участия в создании конечного продукта.

В свою очередь, в основе выделения **функциональных** комплексов лежит принцип и критерий специализации комплекса на какой-то определенной функции. В качестве примеров можно привести инвестиционный, инфраструктурный, научно-технический комплексы, и в некоторой степени даже экологический комплекс.

Также межотраслевые комплексы можно классифицировать по признаку разделения труда. Существуют многоотраслевые и одноотраслевые, территориально-производственные, межотраслевые научно-технические комплексы (табл. 1.1).

Таблица 1.1

### Важнейшие межотраслевые комплексы России

Межотраслевые комплексы	Народно-хозяйственная функция
Топливо-энергетический комплекс (ТЭК)	Производство и распределение топлива и энергии, обеспечение ими хозяйства и населения
Металлургический и химико-лесной комплексы	Производство разнообразных конструкционных материалов и химических веществ для обеспечения других отраслей экономики и населения
Военно-промышленный комплекс (ВПК)	Производство научных разработок и создание, испытание и производство военной продукции для обеспечения обороноспособности страны
Агропромышленный комплекс	Производство, переработка, хранение и доведение до потребителя сельскохозяйственной продукции
Машиностроительный комплекс	Производство разнообразных машин для обеспечения всех отраслей хозяйства и населения
Инвестиционно-строительный комплекс	Выполнение всех видов работ по обеспечению строительных работ для нужд хозяйства и населения
Инфраструктурный комплекс	Оказание разнообразных видов услуг для производства и населения

### *Технологии производства*

Практическая деятельность человека заключается в постановке конкретных целей, направленных на удовлетворение его нужд и обеспечение жизнедеятельности с помощью создания различных искусственных предметов. Достигая эти цели, человек использует определённые методы и средства.

Технологией называют совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, материалов, полуфабрикатов или изделий в различных отраслях промышленности. Соответственно, технологию можно рассматривать в связи с конкретной отраслью производства.

**Производственные технологии** заключаются в использовании современных достижений науки и техники. Здесь не обойтись без привлечения знаний коммерсантов, товароведов-экспертов, экономистов

продвинутого уровня, ведь только компетентный в этой отрасли специалист сможет объективно оценить результаты производства, предоставить полезные рекомендации по их усовершенствованию.

Производственные технологии обычно представляют собой сочетание гидродинамических, тепловых, массообменных (диффузионных), биохимических, механических и других процессов, т.е. являются достаточно сложными в большинстве случаев. Так, при всем разнообразии технологических процессов в промышленности многие из них оказываются общими для различных видов производств. В основном, отдельные стадии технологических процессов базируются на фундаментальных законах и закономерностях химии, физики, экономической теории, социологии, экологии и других дисциплин.

**Главной функцией производства является** обеспечение населения товарами и услугами. Производственный процесс изготовления продукта (товара или услуги) состоит из определенных материальных элементов, совокупность которых называется производственной системой. В качестве примеров производственных систем в сфере производства можно представить промышленные организации; в сфере производства услуг – школы, больницы, музеи и т.д.

В настоящее время **производство** – это сложный процесс, заключающийся в превращении сырья, материалов, полуфабрикатов и других предметов труда в готовую продукцию, которая удовлетворяла бы потребностям общества.

**Производственный процесс** – это совокупность действий людей, осуществляемых ими на предприятии с использованием орудий труда для изготовления конкретных видов продукции. Эффективное развитие производственных процессов напрямую зависит от выявления и изучения закономерностей формирования и развития производства.

**Технологические процессы** – это основная и самая важная часть производственного процесса. В ней содержатся целенаправленные действия по изменению и определению состояния предметов труда. При реализации технологических процессов происходит изменение формы, размеров и физико-химических свойств предметов труда.

Помимо технологических процессов, в производственном процессе выделяют также нетехнологические процессы. Их особенность в том, что они, в отличие от технологических процессов, не нацелены на изменение геометрических форм, размеров или физико-химических свойств.

Наряду с технологическими процессами производственный процесс включает также и нетехнологические процессы, которые не имеют своей целью изменение геометрических форм, размеров или физико-химических свойств предметов труда. Таким образом, к нетехнологическим процессам можно отнести транспортные, складские, погрузочно-разгрузочные, комплектовочные и некоторые другие операции.

Также производственный процесс характеризуется сочетанием трудовых процессов с естественными. Естественные процессы заключаются в изменениях предметов труда благодаря влиянию сил природы, не требуя участия человека. Например, сушка окрашенных деталей на воздухе, охлаждение отливок, старение литых деталей и т.д.).

Таблица 1.2

### Классификация производственных процессов

Признак классификации	Вид процессов
Назначение в производстве	Основной, вспомогательный, обслуживающий
Характер операций	Заготовительный, обрабатывающий, сборочный
По сложности	Простой, сложный
По масштабу производства	Массовый, серийный, индивидуальный
По форме организации	Поточный, групповой, установившийся
Уровень механизации и автоматизации	Автоматизированный, механизированный, ручной
Взаимосвязь со смежными операциями	Аналитический, синтетический, прямой

В ходе **основных** производственных процессов протекает изготовление основной продукции, на которую ориентировано предприятие. Например, в машиностроении результатами основных процессов становятся машины, аппараты и приборы, согласно основной программе предприятия и его специализации, а также запасные части к ним.

**Вспомогательные** процессы заключаются в обеспечении непрерывного протекания основных процессов. Таким образом, их результат – продукция, которую используют на самом предприятии в ходе разработки основной продукции. Например, это ремонт оборудования, выработка пара и сжатого воздуха и т.д.

При **обслуживающих** процессах выполняются услуги, в которых нуждается предприятие для стабильного функционирования как основных, так и вспомогательных процессов. Например, процесс комплектования и последующей транспортировки деталей.

Стоит отметить, что с модернизацией автоматизированного производства прогрессирует и тенденция к интеграции основных и обслуживающих процессов. В качестве примера можно привести гибкий автоматизированный комплекс – здесь все операции (основные, комплекточные, складские и транспортные) объединены в единый процесс.

Совокупность всех основных процессов формирует основное производство, которое обычно заключается в прохождении трех стадий.

На каждой стадии производственного процесса протекают такие процессы и работы, выполнение которых является завершением определенной части производственного процесса, то есть предмет труда переходит из одного качественного состояния в иное.

**Заготовительная** стадия заключается в процессах получения заготовок. Например, резка материалов, литье, штамповка.

К **обрабатывающей** стадии относятся процессы преобразования заготовок в готовые детали. Например, механическая обработка, термообработка, покраска.

И, наконец, на **сборочной** стадии, заключительной, проходит сборка готовых изделий, их финальная регулировка, отладка и испытание.

В организационном плане производственные процессы ранжируются по степени сложности.

При реализации **простых** производственных процессов происходит последовательное осуществление действий над простым предметом труда. Например, изготовление одной детали или партии однообразных деталей.

В ходе **сложного** процесса сочетается множество простых процессов, осуществляемых над предметами труда. Например, изготовление сборочной единицы или всего изделия.

В зависимости от широты номенклатуры, регулярности, стабильности и объема выпуска продукции, производства подразделяются по типу производства. Так, единичное производство отличается малым объемом выпуска одинаковых изделий, которые обычно не предусмотрены для повторного изготовления. Также при единичном производстве обычно применяется универсальное оборудование и квалифицированная рабочая сила. Нормативные документы в таких случаях разрабатываются в достаточно обобщенном виде, поэтому могут корректироваться в ходе производства. В качестве примера единичного производства можно привести, например, отрасль судостроения.

Для **массового** производства, напротив, характерен большой объем выпуска изделий, которые часто изготавливаются непрерывно. На большинстве рабочих мест выполняется только одна рабочая операция. Массовость обеспечивается применением автоматического оборудования при изготовлении однотипных или одинаковых деталей и применением типовых технологий.

**Серийное** производство подразумевает изготовление изделий периодически повторяющимися партиями или сериями. К примеру, это производство свойственно приборостроению.

Производство также можно охарактеризовать и классифицировать по форме его организации. Так, **поточное** производство подразумевает последовательное выполнение операций технологического процесса и расположение средств технологического оснащения. Обычно смена продукции здесь происходит через определенные временные интервалы. Характерные предприятия – массового и крупносерийного типа производства.

При **групповом** производстве происходит совместное изготовление или ремонт групп изделий с разными конструктивными признаками, но



схожими в технологическом отношении. Характерные предприятия – единичного, мелкосерийного и среднесерийного типа производства.

**Установившееся** производство характеризуется производством изделий по окончательно отработанной конструкторской и технологической документации. Свойственно выпуску таких изделий, которые на протяжении долгого времени не меняют свои параметры, например, в подотраслях пищевой промышленности.

Производства также бывают различными по уровню оснащенности оборудованием и количеству ручного труда на предприятии. Например, на **автоматизированных** предприятиях выполнение всех процедур, которые связаны с какой-либо технической подготовкой, комплексно автоматизировано.

**Механизированные** производства характеризуются тем, что на них механизации подвергнуто абсолютное большинство технологических процессов. Обычно это такие операции, для которых ранее использовался ручной труд, становившийся опасной работой для человека. В качестве примера можно привести перемещение изделий с помощью транспортных средств, а также загрузку или выгрузку их с применением соответствующих средств.

И, наконец, **ручное** производство – это то, где все операции выполняются, соответственно, вручную. Используется такой вид производства в ремонтных и опытных цехах, на сборочных операциях, при выполнении единичных заказов или выпуске уникальной продукции.

## 1.2. Понятие перспективных производственных технологий

Развитие перспективных производственных технологий особенно актуально для развитых индустриальных стран. Такие технологии еще называются «прорывными», что дополнительно подчеркивает их революционное значение для структуры производства. Благодаря перспективным технологиям создаются новые рынки и отрасли, активно растет производительность труда и повышается конкурентоспособность отдельных секторов и национальных экономик в целом. Положительное влияние перспективных производственных технологий также заключается в снижении зависимости от дешевых трудовых ресурсов, т.к. предполагает значительную роль цифровых технологий, обеспечивающих связанность производственных процессов и их упрощение.

Несмотря на то, что не существует единого определения для перспективных производственных технологий, тем не менее, характерно наличие ряда общих признаков в существующих формулировках. Так, передовые технологии отличаются использованием инновационных

технологий, а также введением новых методов организации бизнеса. Фактически, создается система, обладающая одновременно преимуществами массового производства и гибкостью в отношении необходимого в данный момент объема выпуска. Такая система нацелена на быстрое реагирование потребностей клиентов и их смену.

Таким образом, перспективные производственные технологии отвечают следующим требованиям:

- **технологическое замещение**, результатом которого становится совершенствование существующих продуктов или создание новых;
- **автоматизация** производственного процесса, что ведет к росту требований к квалификации специалиста;
- **кастомизация** производства – быстрая и качественная адаптация к нуждам заказчика;
- **снижение издержек** в результате экономии на логистике и географической близости к потребителю;
- **повышенная экономическая эффективность**, которой способствует снижение себестоимости, а также значительная экономия ресурсов, рост производительности труда, инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности.

Таким образом, явными становятся следующие направления развития перспективных технологий:

1) Создание **систем контроля** производственных процессов. Например, показательные датчики для оценки состояния оборудования, параметров потоков сырья и состояния создаваемых объектов.

2) Оптимизация параметров (размера, состава и т.д.) сложных изделий с помощью **многомерного моделирования**.

3) Введение **интеллектуальных систем управления производством**, заключающихся в оптимизации внешней и внутренней логистики, режимов технологических процессов. Такие системы могут использоваться, например, в робототехнике и в области «интернета вещей».

4) Применение **систем создания и преобразования материальных объектов**, как, например, технологии 3D-печати, инфузионные технологии, перспективные способы обработки поверхностей.

5) Использование **материалов, эффективных при создании перспективных исполнительных устройств**, например, композиционных и таких, которые проявляют свои свойства в малоразмерных структурах.

Среди широко распространенных перспективных производственных технологий особо выделяется **информационная технология**. Это совокупность методов, производственных и программно-технологических средств, которые объединяются в технологическую цепочку в целях сбора, хранения, обработки, вывода и последующего распространения информации. Главная особенность информационных технологий – зна-

чительное снижение трудоемкости процессов использования информационных ресурсов. Благодаря этому виду перспективной технологии обеспечиваются максимально благоприятные условия развития производства, т.к. обмен информацией между подразделениями значительно интенсифицируется, способствуя повышению эффективности ее обработки и использования.

Во многих отраслях широко применяются технологии цифрового проектирования и моделирования, которые применяются абсолютно на любой стадии производственного процесса. Например, одним из достижений этого вида перспективной технологии стало создание **«умных» цифровых двойников** (Smart Digital Twins). Умные двойники – это объекты и производственные процессы, особенностью которых является точное соответствие реальным изделиям и процессам. Главная роль цифровых технологий в производстве – это сокращение объема дорогостоящих натуральных испытаний. Например, при создании автомобилей необходимо сертифицировать уровень их безопасности. Обычно для этого проводят натурные испытания на безопасность по программе Euro NCAP (краш-тесты), однако «умные» цифровые двойники позволяют провести виртуальные испытания, обеспечивая экономию времени и средств.

Говоря о перспективных производственных технологиях, нельзя не упомянуть технологии **3D-принтинга**, которые позволяют не только значительно сократить число комплектующих, но и произвести изделия таких форм, создание которых невозможно по традиционным технологиям, из таких материалов, которые вообще не существовали до недавнего времени. Несмотря на то, что сама по себе 3D-печать существует и успешно функционирует уже длительное время, теперь она не ограничивается, как раньше, использованием только пластика как основного материала. Стала доступной 3D-печать, например, металлических изделий (рис. 1.1).

Еще одним ведущим направлением последних нескольких лет, безусловно, можно назвать **нейросети, машинное обучение** и все, что с ними связано. Начало этому направлению положили попытки ученых приблизить принцип работы компьютера к образу мышления человека. Это стало возможным при помощи нейросетей – специальных компьютерных систем, собранных из сотен, тысяч или миллионов искусственных клеток мозга, способных обучаться и действовать по принципу, который крайне похож на то, как работает мозг человека. Нейросеть – это, прежде всего, компьютерная симуляция; такие сети создаются с помощью программирования обычных компьютеров, в которых традиционным образом работают обычные транзисторы, объединенные в логические связи.

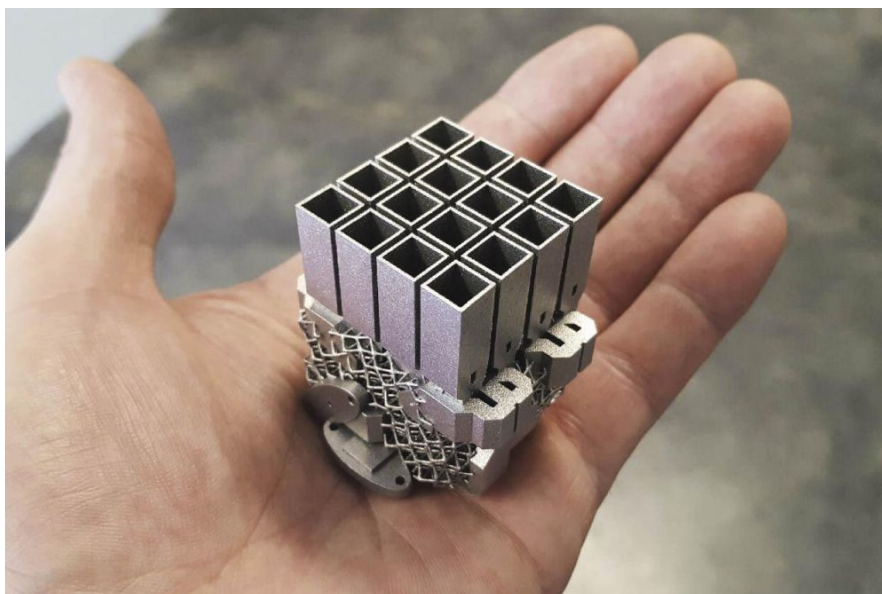


Рис. 1.1. Металлическая спутниковая антенна, изготовленная с помощью 3D-печати

Одним из величайших достижений текущего периода является создание **лазерных технологий**. Лазер (оптический квантовый генератор) – это источник мощного светового монохроматического излучения, характеризующийся высокой направленностью и большой плотностью энергии, а также согласованностью колебаний электромагнитных волн. Лазеры широко применяются в научных исследованиях (физика, химия, биология), технике (связь, локация, измерительная техника), практической медицине (хирургия, офтальмология), термоядерном синтезе (исследование внутренней структуры вещества), в машиностроении и др.

**Биотехнология** – это особая технология, заключающаяся в получении продукции из биологических объектов или с их применением. Биотехнология является одним из важнейших направлений научно-технического прогресса, основанным на промышленном применении естественных и целенаправленно созданных живых систем. Среди основных направлений биотехнологии можно выделить медицинское (фармацевтическая, иммунная); сельскохозяйственное (ветеринарная, растениеводство); промышленное (пищевая, легкая, химическая промышленность, энергетическая); экологическое (очистка сточных вод, переработка отходов и др.)

Еще одно необычайно перспективное направление современной биотехнологии – это **клеточная инженерия**. Она основывается на разработках ученых, заключающихся в специальных методах выращивания в искусственных условиях клеток растений, животных и человека. Благодаря этим разработкам можно получать ценные продукты, такие, которые раньше можно было добывать в ограниченном количестве из-за отсутствия сырья. Немаловажным направлением клеточной инженерии

также является клональное микроразмножение растений на основе культуры тканей. Такое размножение используется в целях оздоровления и быстрого размножения редких, ценных или вновь созданных сортов сельскохозяйственных культур. Технология создания растения из клетки схематично приведена на рис. 1.2.

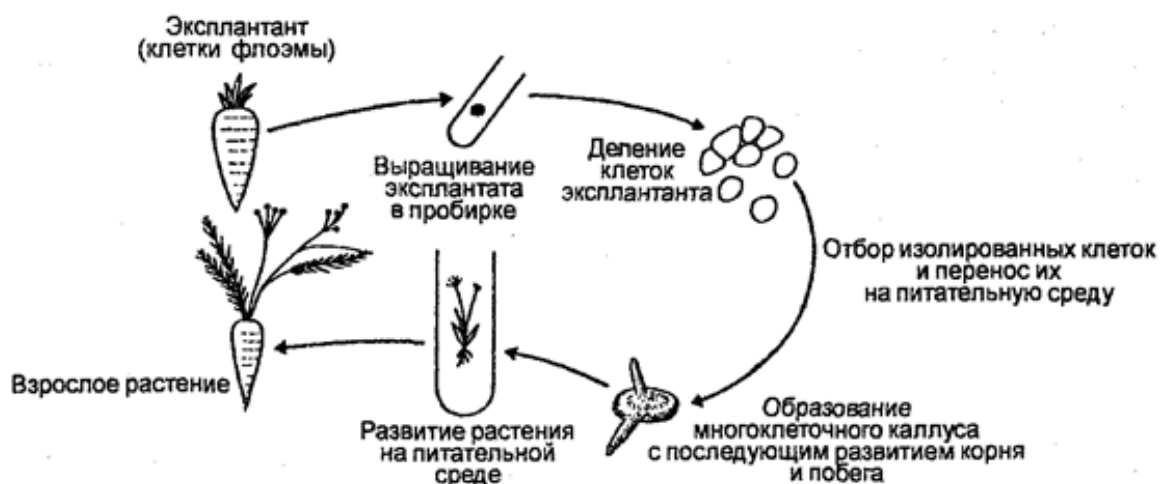


Рис. 1.2. Процесс создания растения моркови из отдельной клетки

Помимо перечисленных направлений необходимо обратить внимание на такие понятия, как высокотехнологичная, наукоемкая и инновационная продукция.

**Наукоемкая продукция** – это продукция, в которой доля затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) в общем их объеме составляет не менее 3,5–4,5 %. Это значение критерия не является строгим и всеобщим, т.к. в разных странах оно различно, и используются различные методики отнесения затрат на НИОКР. Такая продукция имеет ряд особенностей. Во-первых, эта продукция отличается уникальностью, поэтому это чаще всего дорогостоящая и технически сложная продукция, требующая затрат особо квалифицированного научного труда. Во-вторых, ее отличает неустойчивость спроса, более динамичная конкурентоспособность и чувствительностью к научно-техническому прогрессу.

**Высокотехнологичная продукция** – это технически сложная продукция, для производства которой используются сложные технологические процессы. Она во многом схожа с наукоемкой продукцией, однако в большинстве источников их все же признают разными понятиями. Сложность такой продукции заключается в том, что она основывается на результатах не только прикладных, но и фундаментальных научных исследований. В этом случае, доля затрат на НИОКР превышает 8 %.

**Инновацией** называют конечный результат внедрения новшества в целях изменения объекта управления и получения экономического,

экологического, научно-технического или другого вида эффекта. Эффективность инновационного развития предприятия определяется исходя из соотношения прибыли организации и вызвавших его затрат. Инновационная продукция – это товары, работы и услуги, основывающиеся на результатах интеллектуальной деятельности, права на использование которых принадлежат производителю, и удовлетворяющие хотя бы одному из следующих критериев:

- использование в продукции в течение последних трех лет научно-технических и (или) технологических решений, которые бы значительно улучшали или создавали новые потребительские свойства;
- более высокая (в сравнении с существующими аналогами) экономическая и (или) экологическая эффективность на стадиях жизненного цикла продукции.

В настоящее время основными направлениями инновационного развития выступают комплексная механизация и автоматизация производства, химизация производства, электрификация производства, электронизация производства, электронизация производства.

**Комплексная механизация и автоматизация производства** – это одно из важнейших инновационных направлений. Оно заключается в широком внедрении взаимосвязанных и взаимозависимых машин, аппаратов, приборов, оборудования на всех участках производства, операциях и видах работ. В результате это способствует интенсификации производства, росту производительности труда, сокращению доли ручного труда в производстве, облегчению и улучшению условий труда, а также снижению трудоемкости продукции. Так, механизация постепенно вытесняет ручной труд, заменяя его машинами в основных и вспомогательных технологических операциях.

Процесс развития **механизации** проходил в несколько этапов: от механизации основных технологических процессов, отличающихся наибольшей трудоемкостью, к механизации абсолютно всех технологических процессов. Этот результат получил название комплексной механизации.

**Автоматизация** производства в свою очередь означает применение технических средств для полной или частичной замены участия человека в процессах получения, преобразования, передачи и использования энергии, материалов или информации. Различают частичную (охватывает отдельные операции и процессы), комплексную (охватывает весь цикл работ) и полную (автоматизированный процесс реализуется без непосредственного участия человека) автоматизации.

**Химизация производства** заключается в совершенствовании производственных процессов, благодаря внедрению химических технологий, сырья, материалов и изделий в целях получения новых видов продукции

и повышения их качества. Благодаря химизации возможно снизить издержки, а также повысить эффективность деятельности организации на рынке. В качестве примера можно привести лаки и покрытия, так называемого, «нового поколения», разнообразные химические добавки, синтетические волокна, легкие и прочные пластмассы, созданные с помощью добавления в них особых химических веществ.

**Электрификация производства** подразумевает активное внедрение электроэнергии в качестве основного источника питания производственного силового аппарата. На основе электрификации осуществляется комплексная механизация и автоматизация производства, внедряются новые прогрессивные технологии. Например, возможность получить изделия сложной геометрической формы появилась благодаря электрофизическим и электрохимическим способам обработки. Так, лазеры широко применяют для резки и сварки металлов или термообработки.

**Электронизация производства** – это обеспечение всех подразделений организации высокоэффективными средствами электроники. Здесь могут применяться как персональные компьютеры, так и спутниковые системы связи и информации. На базе ЭВМ и микропроцессоров создаются технологические комплексы, машины и оборудование, измерительные, регулирующие и информационные системы, ведутся проектно-конструкторские работы и научные исследования, осуществляются информационное обслуживание и обучение. Электронизация производства приводит к повышению производительности труда, позволяет значительно сократить время получения информации и увеличить скорость производственного процесса.

Конкурентоспособность производимой продукции можно повышать также с помощью **создания и внедрения новых материалов**. Такие материалы могут обладать качественно новыми эффективными свойствами (жаропрочностью, сверхпроводимостью, коррозионной и радиационной стойкостью и т.п.). Это, тем временем, положительно отразится на показателях прибыли организации.

Таким образом, освоение новых технологий, безусловно, может и уже помогает решать многие производственные и социально-экономические проблемы. В ходе производственного процесса новые технологии позволяют увеличить объем выпускаемой продукции, при этом, не требуя привлечения дополнительных факторов производства. Предполагается, что развитие новых биотехнологий поможет решить проблемы голода в развивающихся странах, осуществлять борьбу с вредителями сельскохозяйственных культур без ущерба для экологии, обеспечить сырьем все регионы мировой экономики, а также создать безотходное производство.

### 1.3. Новые методы управления производством

Управление производством – это процесс воздействия на компоненты определенной производственной системы для перевода их в нужное состояние в целях достижения соответствующих желаемых результатов.

Управляющая подсистема – это органы управления, включающие в себя административно-управляющий аппарат. Управляемая подсистема – это коллектив соответствующего предприятия, осуществляющий процесс производства на основе распоряжений из управленческого аппарата.

Существует несколько основных принципов управления:

- принцип единоначалия подразумевает, что во главе каждого звена управления ставится руководитель, который наделяется необходимыми правами для выполнения обязанностей.
- принцип плановости, предполагает установление на длительный период времени направлений, пропорций и темпов развития хозяйства.
- принцип экономичности, заключается в экономии затрат на всех стадиях производства.
- принцип личной материальной и моральной заинтересованности трудящихся в развитии производства основывается на том, что чем больше работники простимулированы в финансовом плане, тем больше стремятся развиваться и самосовершенствоваться.

В связи с существованием множества методов управления, становится очевидной необходимость упорядочения их путем классификации в зависимости от их содержания, направленности и организационной формы. Методы хозяйственного руководства подразделяются на экономические, административно-правовые, организационные и социально-психологические. Все эти методы являются взаимосвязанной системой, обеспечивающей, в совокупности с системой организации и техникой управления эффективное управление общественным производством (табл. 1.3).

Центральное место в системе управления занимают **экономические** методы воздействия. Это объясняется тем, что управление производством базируется на познании объективных экономических законов и особенностях их действия в конкретных обстоятельствах.

Таблица 1.3

#### Классификация методов хозяйственного руководства

Методы управления	Сфера регулирования отношений управления
Организационные	Организационные отношения
Административные	Отношения подчинения
Экономические	Экономические отношения
Социально-психологические	Социально-психологические отношения
Правовые	Правовые отношения



Экономические методы – это разнообразные способы воздействия на экономические отношения в целях получения эффекта для народного хозяйства, отрасли или отдельного предприятия. Среди них можно выделить следующие:

- хозяйственный расчет,
- ценообразование,
- финансирование,
- кредитование,
- систему экономических нормативов и др.

Материальное стимулирование исполнителей выступает важным фактором укрепления экономических методов на практике. Главная задача заключается в том, чтобы размер поощрения был равноценен вкладу, который вносит коллектив предприятия в общий успех.

Также эффективным экономическим рычагом управления выступает банковский кредит. Он широко применяется для формирования основных фондов и оборотных средств.

**Административно-правовые** методы базируются на прямом, командно-распорядительном воздействии, осуществляющемся в форме прямых административных указаний, правовых актов, которые регулируют производство, распределение, обмен и потребление. Такие указания носят обязательный характер, воздействуя на управляемый объект напрямую, в отличие от экономических методов, которые оказывают воздействие через экономические отношения. Административно-правовые методы решают следующие вопросы: правовая компетенция органов управления и должностных лиц; административно-правовая основа деятельности аппарата управления; правовая основа регулирования трудовых и хозяйственных отношений.

Для определения структуры аппарата управления, подборе и расстановке кадров, организации производственного инструктажа, для поддержания дисциплины и оперативного контроля используются **организационные** методы управления. Они нацелены на решение задач по разработке оптимальных организационных структур предприятий и их проектирования применительно к различным условиям работы. Решением вопросов о рациональной структуре управления на предприятиях занимаются службы организации труда и производства. Благодаря им становится возможным снабдить предприятия необходимыми научными рекомендациями, относящимися к проектированию органов управления. Для каждого предприятия рациональная структура будет особенной, в зависимости от конкретных условий производства.

**Социально-психологические** методы управления – это средства воздействия на социально-психологические отношения между людьми. К ним относятся такие методы, как формирование трудовых коллективов, создание наиболее благоприятных социальных условий для высо-

копроизводительного труда, повышение общеобразовательного и культурного уровня работников, организация медицинского обслуживания и отдыха.

Стратегическое управление инновациями позволяет усилить инновационную деятельность предприятия. Цели стратегического управления инновациями бывают функциональными – они заключаются в поддержании достигнутого состояния системы и новыми – предусматривают приобретение нового качественного состояния системы.

Среди направлений стратегического управления можно особенно выделить **инновационный менеджмент**. Он основывается на внедрении новых товаров, производственных процессов и экономических отношений, отражая наиболее общие элементы управлений, которые обычно не зависят от характера инноваций, масштабов инновационной деятельности или от отраслевой принадлежности. Таким образом, эта сфера деятельности нацелена на формирование и достижение инновационных целей путем рационального использования различных ресурсов. Инновационный менеджмент также определяет ведущие направления деятельности предприятия в разработке, внедрении, модернизации и совершенствовании продукции. Его функциями являются виды деятельности, которые необходимы для руководства определенным объектом – формирование целей, планирование инноваций, организация и контроль инновационных процессов.

Обычно **цели** инновационного менеджмента предприятия связаны с миссией фирмы, ее философией, традициями и жизненным циклом организации. Таким образом, фирма имеет собственную систему целей, которые формируются под влиянием внешней среды и внутренними потребностями развития самой фирмы. С позиции внутренних потребностей предприятия его цели – это рост эффективности производства за счет обновления всех производственных систем, повышение конкурентных преимуществ предприятия на базе эффективного применения научных, научно-технических, интеллектуальных и экономических возможностей.

Специальной функцией инновационного менеджмента является **планирование**. Планирование заключается в системе мероприятий по анализу факторов внешней и внутренней среды, прогнозировании деятельности организации и планирования реализации стратегий фирмы, и достижения поставленной цели. По срокам выполнения работ процесс планирования может быть краткосрочным, среднесрочным и долгосрочным, по целям – стратегическим и оперативным. Также процесс планирования классифицируется по объектам – например, планирование производства, снабжения, сбыта и так далее, и по факторам производства – модернизация оборудования, усовершенствование технологий, обновление основных производственных фондов, обеспечение сырьем и материалами и т.д.

**Формирование организационных структур** используется для внедрения инноваций и обеспечения всеми видами ресурсов и является основной задачей организации как функции управления. В результате реализуется стратегия развития предприятия и выполняются планы мероприятий. В основном, процесс формирования организационных структур включает в себя формирование структур менеджмента, распределение материальных, энергетических информационных и инновационных потоков между исполнителями. Необходимо отметить, что главной составной частью этого управленческого процесса является распределение ответственности, риска и полномочий.

Еще одна важная функция инновационного менеджмента, которая напрямую связана с учетом и количественной и качественной оценкой результатов работы предприятия – это **контроль**. Контроль представляет собой систему различных мероприятий по установке определенных стандартов и формированию базы сравнения, исследованию входов в систему, организации сравнения результатов с нормативной базой, определению отклонений и степени их допустимости, а также по окончательному измерению результатов. Необходимо заметить, что контроль – процесс с обратной связью, что означает, что количественное измерение результатов на выходе системы соотносится с оценкой параметров на входе и учитывает воздействие факторов влияния внешней и внутренней среды. Так, в любой организации существует внутренний контроль, являющийся системой мер, которые обеспечивают нормальную работу этой организации в сферах качества выпускаемой продукции, использования сырья, финансов, соблюдения конструкторских и технологических требований и т.п. Внутренний контроль дополняется внешним контролем, который направлен со стороны организаций, которые никак не связаны с контролируемой организацией и действуют на основе законов или правительственных постановлений.

В настоящее время система внутреннего контроля всё чаще дополняется системой **контроллинга**, которая обеспечивает наиболее эффективное управление предприятием. Системой контроллинга осуществляется интеграция учета, планирования, производства, снабжения, сбыта, маркетинга и других систем, обеспечивающих функционирование организации в единую самоуправляемую систему. Контроллинг как концепция и методология – это эффективное управление организацией для обеспечения ее стабильного существования на рынке. Контроллинг обычно существует как отдельная служба в организации. Она имеет дело с анализом отчетности отдельных подразделений и организации в целом, определяет направление перспективного развития организации и формирует критерии оптимальности принимаемых управленческих решений. Стоит отметить, что современный менеджмент разделяет цели предприятия на две группы: оперативные (краткосрочные) и стратегические (долгосрочные, перспективы).

Например, «делать правильное дело» – это стратегический контроллинг. «Делать дело правильно» – это оперативный контроллинг.

Согласно основному механизму реализации контроллинга, на каждом этапе его определяются затраты на определенную группу работ, а затем они сравниваются с показателями по плану. В результате руководство организации получает возможность проследить за ходом работ через затраты от начала до конца выполнения какого-либо заказа.

Таким образом, реализация основной идеи стратегического контроллинга в организации заключается в следующем:

- определяются цели, основанные на миссии и философии; формировании имиджа; конкретизируются цели через установление количественных и качественных показателей;
- проходит процесс управления целями, который заключается в поиске «узких мест» в деятельности организации; анализе отклонений от намеченной стратегической программы; своевременной корректировке целей в соответствии с изменениями на рынках и в окружающей среде;
- достигаются поставленные цели путем осуществления эффективного оперативного менеджмента; разрабатываются системы мотивации и стимулирования персонала; внедряются инноваций; проходит перспективное планирование и др.

Поскольку инновационная деятельность напрямую направлена на поддержание конкурентоспособности предприятий, она не может являться дискретной. Так, непрерывное осуществление инновационной деятельности потребует слишком больших затрат при высоком уровне риска эффективности их освоения. Поэтому для ослабления риска существуют специальные организационные формы осуществления инновационной деятельности (рис. 1.3).

Согласование государственной стратегии развития науки и техники с экономическими и социальными интересами субъектов научно-технической деятельности обеспечивается **государственными научными центрами**.

**Рисковое подразделение предприятия** – это небольшое автономно управляемое специализированное производство, которое занято освоением новейших технологий. Обычно это малое предприятие, заключающее контракты с группой разработчиков новой идеи, инвесторами (венчурными фондами) и потребителями инноваций.

Для коммерциализации результатов научных исследований в наукоемких и высокотехнологичных областях с особым риском создаются **венчурные фирмы (рискофирмы)**. Такие фирмы занимаются ведением коммерческой научно-технической деятельности, разработкой и внедрением новых и новейших технологий и продукции доход от которых заранее не может быть предсказан (рис. 1.4).

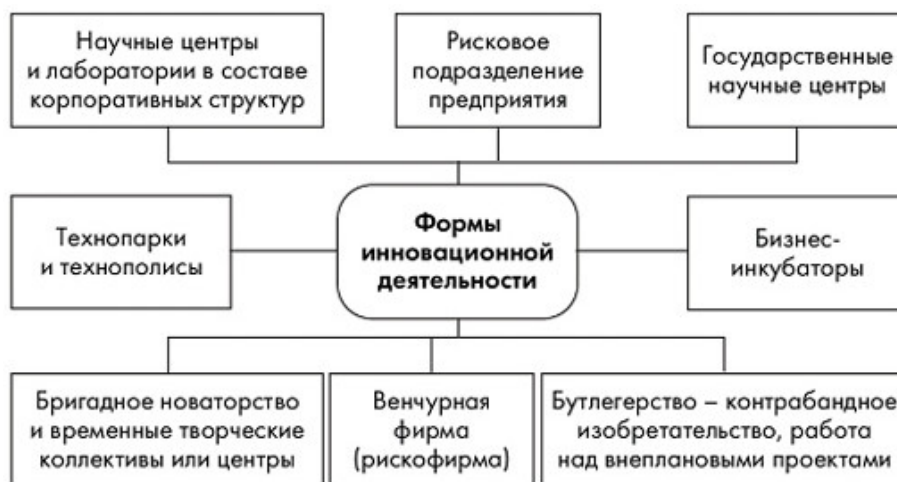


Рис. 1.3. Организационные формы инновационной деятельности



Рис. 1.4. Отличительные особенности венчурного (рискового механизма)

**Бизнес-инкубатор** является такой структурой, которая специализируется на создании благоприятных условий для эффективной деятельности малых инновационных предприятий, реализующих оригинальные научно-технические идеи. Это то место, где начинающие предприниматели могут приобрести навыки ведения собственного дела, правовую, экономическую и консультативную помощь. Бизнес-инкубатор существует в различных формах. Например, бизнес-процесс инкубации новых предприятий предназначен для продвижения высокотехнологичных идей. «Внутренние» инкубаторы инноваций занимаются разработкой собственных инновационных проектов, которые реализуются в компании-новаторе и зависимых предприятиях. Иногда целесообразно создавать целые предприятия-инкубаторы инноваций.

**Научно-технологический парк (технопарк)** – это научно-производственный территориальный комплекс, который образуется с целью

формирования благоприятной среды для развития малых и средних наукоемких инновационных фирм-клиентов, которые заняты освоением производства и реализацией на рынке инновационной продукции. Это автономная организационная структура, которая создается в сфере науки и научного обслуживания.



Рис. 1.5. Технопарк «Сколково» в Москве

Структура технопарка стандартно предполагает информационно-технологический, учебный, консультативный, информационный, маркетинговый центры, а также промышленная зона. На рис. 1.5 изображен главный офис самого известного научно-технологического комплекса по разработке и коммерциализации новых разработок в нашей стране – «Сколково», резидентами которого являются более 250 инновационных компаний; обладающий сервисами и центрами коллективного пользования, пространством для офисов и лабораторий, ведущих образовательные проекты, культурные и научные мероприятия.

Под **технополисом** подразумевается крупный современный научно-промышленный комплекс, где находятся университет, научно-исследовательские институты, жилые районы. Технополис – место для создания благоприятных условий для развития новых научных направлений и наукоемких производств.

В России научные организации классифицируются по секторам науки и типам организации, объединенных по организационным признакам, характеру и специализации выполняемых работ.

#### 1. Государственный сектор:

- организации министерств и ведомств, которые обеспечивают управление государством и удовлетворение потребностей общества в целом (государственное управление, оборона, общественный порядок; здравоохранение, культура, досуг, социальное обеспечение и т.п.), включая федеральные и местные органы;
- некоммерческие организации, полностью или в основном финансируемые и контролируемые правительством, за исключением органи-

заций, которые относятся к высшему образованию. Эти организации в первую очередь обслуживают правительство и не ставят своей задачей получение прибыли. В основном они занимаются исследовательской деятельностью, касающейся общественных и административных функций.

## 2. Предпринимательский сектор:

- организации и предприятия, основная деятельность которых связана с производством продукции или услуг в целях продажи (отличных от услуг сектора высшего образования), в том числе находящиеся в собственности государства;
- частные некоммерческие организации, обслуживающие предпринимательский сектор.

## 3. Сектор высшего образования.

- университеты и другие вузы, независимо от источников финансирования или правового статуса;
- научно-исследовательские институты, экспериментальные станции, клиники, находящиеся под непосредственным контролем вузов и управляемые ими или ассоциативные с ними;
- организации, непосредственно обслуживающие высшее образование (организации системы Министерства образования и науки РФ).

## 4. Частный некоммерческий сектор:

- частные организации, не ставящие своей целью получение прибыли: профессиональные общества, фонды (кроме фондов, более чем наполовину финансируемых государством, которые относятся к государственному сектору), союзы, ассоциации, благотворительные организации;
- частные индивидуальные организации.

### ***Вопросы к семинару***

1. Назовите типы и методы организации производства.
2. Что относится к нововведениям научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ?
3. Сформулируйте определение понятий: «инновация», «инновационная деятельность», «инновационный процесс». Какие организации относятся к инновационным?
4. Назовите формы получения инноваций на предприятии.
5. Что входит в понятие «инфраструктура инновационной деятельности»?
6. Перечислите и кратко опишите современные инструменты маркетинга в розничном магазине.
7. Какие новые подходы и методы управления персоналом коммерческих организаций вы знаете?



## **Глава 2. АДАПТИВНЫЕ И «УМНЫЕ» ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ**

Опыт развития экономики и промышленности развитых стран показывает, что одним из важнейших показателей положения страны на геополитической карте мира является наличие высокотехнологичной промышленности, которая отвечает требованиям глобальной конкурентоспособности, эффективности и высокой производительности труда. Чтобы соответствовать этим требованиям инфраструктура промышленности, ее технологии и инструменты видоизменяются под действием новых возможностей, которые предлагают передовые производственные технологии, стремительно развиваются цифровизация, автоматизация, интеллектуализация промышленности, происходит объединение материального и виртуального миров. Информационные технологии и киберфизические системы используются не только в высокотехнологичных отраслях промышленности, но и в других отраслях деятельности человека, например, образовании, здравоохранении, управлении бизнес-процессами. Наиболее перспективным является создание «умной городской среды», «умных энергосетей», «умного транспорта».

Экономика нового уровня развития – цифровая экономика – основана на производстве различных товаров и сервисов высокотехнологичными бизнес-структурами с последующим сбытом и распределением продукции в сети посредством информационно-коммуникационных технологий и инструментов электронного бизнеса, что предполагает комплексную и согласованную информатизацию различных отраслей и сфер деятельности. Одним из наиболее эффективных способов информатизации является Интернет вещей.

Интернет вещей (англ. internet of things, IoT) – сеть, в которой киберфизические системы взаимодействуют друг с другом через уникальные схемы адресации; позволяет «вещам» и «объектам», таким как RFID, датчики, исполнительные механизмы, мобильные телефоны, сотрудничать друг с другом и с соседними «умными» компонентами, для достижения общей цели.

На практике IoT-системы обычно состоят из сети умных устройств и облачной платформы, к которой они подключены. К ним примыкают системы хранения, обработки и защиты данных, собранных датчиками.



При подключении объектов к Интернету появляется возможность следить за ними, собирая данные, комбинировать их, получая новые сведения и знания. Гаджеты, подключенные к Интернету вещей, позволяют многое не делать вручную, например, управлять механизмами (как в быту, так на производстве); экономить электроэнергию, помогая другим устройствам работать эффективнее; обеспечивают безопасность и т.п.

Возможности промышленного Интернета вещей и искусственного интеллекта используются для предиктивного обслуживания оборудования в различных отраслях промышленности (нефтегазовой, химической, горнодобывающей, электроэнергетики, транспорте, металлургии) и анализа его состояния, что позволяет прогнозировать и предотвращать сбои оборудования, сокращать время простоев, снижать риск возникновения аварийных ситуаций, сокращать расходы на техническое обслуживание, правильно планировать ресурсы и график работ по техническому обслуживанию и ремонту оборудования.

Другие примеры применения IoT-технологий в промышленности:

- на шахтах по добыче полезных ископаемых для приема и передачи аварийных сигналов, определения местоположения шахтеров в целях предотвращения или уменьшения количества несчастных случаев;
- применение химических и биологических сенсоров для диагностики состояния здоровья и раннего выявления заболеваний у работников опасных производств;
- отслеживание движения в реальном времени физических объектов применяется в логистике и транспортной отрасли при наблюдении за производством, доставкой и дистрибьюцией продукции.

Благодаря Интернету вещей человек упрощает организацию своей повседневной жизни, а именно, с помощью смартфона может контролировать десятки электронных устройств – компьютеры, домашнюю автоматику; использовать его в качестве пульта дистанционного управления электронными приборами (например, удаленно выключить утюг, который забыл выключить дома); в смартфоне располагаются личные данные и отображается лента новостей; в них хранятся электронные билеты и устанавливаются платежные системы; благодаря смартфону, объединенному с фитнес-трекером, можно следить за своим весом, потреблением воды и пищи, общим уровнем физической активности; с помощью приложений, установленных на смартфоне можно подключаться к социальным сетям и использовать краудсорсинг для анализа событий и управления этими событиями.

Важнейшие технологии, на которых базируется Интернет вещей – программное обеспечение, радиочастотная идентификация (RFID), беспроводные сенсорные сети (WSN), процессы минимизации объемов, облачные компьютерные системы, беспроводная передача данных на

малых расстояниях (NFC). Технология RFID позволяет микрочипам посредством беспроводной связи передавать считывателям идентификационную информацию. С помощью RFID-считывателей люди могут идентифицировать, отслеживать и контролировать любые объекты, автоматически подключенные к сети с помощью RFID-меток.

## **2.1. Применение технологий искусственного интеллекта**

В настоящее время интеллектуальные машины широко используются для выполнения разнообразных операций практически во всех отраслях деятельности человека. Так, в промышленном производстве их применяют для осуществления в автоматическом режиме таких операций, как установка заготовок и съем готовых деталей, погрузка и разгрузка, сборка, сварка, включение и выключение оборудования. Особые свойства данного класса машин позволили применять их в процессах, автоматизация которых традиционными средствами была невозможна. Создаваемые на их основе робототехнические (роботизированные) комплексы, представляют собой принципиально новые технические средства, обеспечивающие возможность автоматизации различных видов деятельности, что позволило создавать малолюдные и безлюдные технологические процессы и производства. Сегодня функционирование предприятий в передовых отраслях промышленности (самолетостроение, автомобилестроение, металлургия, химическая промышленность, нефте- и газодобыча, микроэлектроника и радиотехника) немислимо без использования в них технологий искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект – свойство интеллектуальных систем (машин и компьютерных программ) выполнять творческие функции, которые до недавнего времени были доступны только человеку. Задачей искусственного интеллекта является выполнение разумных действий с помощью вычислительных систем и иных искусственных (кибернетических, биомеханических, гибридных) устройств.

Основным критерием «интеллектуальности» технических систем является их способность к выработке решений на основе воспринимаемой информации. Речь идет не о попытке создать полный аналог биологического интеллекта на основе технических средств, а только о заимствовании от биологических прототипов отдельных идей, принципов организации и функционирования для создания технических систем, решающих определенный круг задач.

Искусственная интеллектуальная система включает в свой состав три основных блока:

- базы данных (наборы больших данных) и знаний о предметной области, включая результаты машинного обучения;

- решатель – компьютерную программу, которая на основе специализированных обучающихся алгоритмов, разрешает поставленные задачи;
- интеллектуальный интерфейс – совокупность средств, методов и правил, которые позволяют человеку вести общение с самой интеллектуальной системой.

Понятие искусственного интеллекта возникло во второй половине 50-х годов XX в. в ходе дискуссий в природе информационных процессов мозга. Бурный прогресс 50–70-х годов в развитии кибернетики позволил сделать смелые предположения о том, что любая задача может быть представлена в форме математической модели и решена при помощи ЭВМ. Этот подход, основанный на логическом выводе в символической форме и точных вычислениях, называется компьютерная парадигма. Основные черты компьютерной парадигмы – символическое представление информации и ее алгоритмическая обработка. Но по мере возрастания сложности алгоритмов, увеличения объема памяти и вычислительной мощности ЭВМ, стало ясно, что многие виды интеллектуальной деятельности в рамках компьютерной парадигмы либо не решаются вовсе, либо решаются недостаточно эффективно, что невозможно устранить в рамках алгоритмического подхода. Это связано с тем, что задачи, решаемые интеллектом, можно разбить на два класса:

- задачи, требующие строго-логических методов решения;
- трудноформализуемые, комбинаторно-комплексные, не четко определенные, не алгоритмизируемые, не вербализируемые.

Программа с искусственным интеллектом использует некоторые алгоритмы, свойственные человеческому мышлению. Но в реальной жизни человек будет решать ту же задачу иначе, чем это делает программа, задействуя структуры психики, пока недостаточно изученные и не поддающиеся переводу в математические формулы и программный код.

К технологиям искусственного интеллекта относятся обработка текста на естественном языке; изучение и разработка алгоритмов автоматизированного извлечения знаний из набора данных, обучение программных систем на основе полученных данных, распознавание образов (*машинное обучение*); автоматизированные приложения, помогающие людям, благодаря умению распознавать естественную человеческую речь в устной или письменной форме (*Virtual digital assistants, VDA, виртуальные цифровые помощники*); генерация прогнозов и рекомендаций на основе исходной информации; интеллектуальные системы обеспечения безопасности; робототехника.

Виртуальные цифровые помощники или VDA-системы используются для повышения скорости и качества процессов электронной коммерции и продаж, работы бизнес-приложений, управления личными финансами.

Например, *Digit* – это приложение, основанное на искусственном интеллекте, которое автоматически помогает потребителям оптимизировать свои расходы и сбережения, основываясь на своих личных привычках и целях. Приложение может анализировать такие факторы, как ежемесячный доход, текущий баланс и привычки к расходам, затем принимать собственные решения и переводить деньги на отдельный сберегательный счет. Одним из наиболее перспективных областей применения VDA-систем являются здравоохранение и образование.

Технологии искусственного интеллекта применяются, в частности, для создания когнитивной автономной системы, которая имеет анимированный образ, общается вербально и мимикой через компьютерную видеоконференцию, имеет машинное зрение, индивидуальный тон голоса, образное мышление, базу знаний об окружающем мире. Программный робот способен осуществлять комплексный анализ информации, циркулирующей в фирме, а именно, вести лексический (разбор текста на отдельные абзацы, предложения слова, определение типа предложения), морфологический (распознавание частей речи каждого слова текста), синтаксический (установление связей между элементами предложения) и семантический (определение информативности текстовой информации и выделение информационно-логической основы текста) анализ текста, а затем решать поставленную задачу на основе проведенного анализа. Подобная система может быть использована, например, в качестве виртуального секретаря фирмы, занимающейся продажей компьютерной и оргтехники, программного обеспечения, сервисом и консультационной поддержкой в этой области.

Ожидается, что технологии искусственного интеллекта в ближайшее время выведут технологии ведения боевых действий на новый уровень. В 2018 году Лаборатория армейских исследований США объявила о создании системы распознавания лица в темноте и даже сквозь стены. Принцип действия состоит в сравнении двух изображений: полученного с помощью распределения электромагнитного теплового излучения на тепловизоре и сделанного обычной камерой. Задача была решена благодаря использованию сверточной нейронной сети и метода обработки больших данных. На тепловизионном изображении лица сверточная нейронная сеть выделяет общие черты (например, контур лица) и отдельные (нос, рот и глаза), после чего они сопоставляются с чертами из выборки, на которой обучена нейросеть, и составляют в готовое изображение реального человека. При помощи модельной программы удалось добиться точности распознавания лиц на уровне 85%.

В апреле 2018 года алгоритм позволял распознавать лица из маленькой базы данных, но в будущем планируется, что система сможет узнавать лица в реальном времени прямо в местах военных действий. В американской армии ожидают, что новая технология поможет находить

места военных действий и идентифицировать главарей банд и других лиц, за которыми охотятся власти.

На сегодняшний день сверточные нейронные сети являются самой успешной технологией глубокого обучения. Сверточные нейронные сети – это тип искусственных нейронных сетей, где переменные нейроны расположены слоями, при этом активация слоев происходит последовательно, от первого слоя к последнему. Активация нейронов внутри слоя может происходить параллельно, одновременно, друг от друга они не зависят. Сверточные нейронные сети способны обучаться, используя параметры, количество которых невелико относительно количества нейронов. Нейросети на входе передается сигнал, затем наблюдают, какой сигнал получился на выходе. Далее меняют параметры каждого слоя таким образом, чтобы получить то значение, которое требуется. Каждый слой нейронов будет активироваться в зависимости от демонстрации конкретного сигнала – изображения собаки, автомобиля, человеческого лица, чередующихся темных и светлых полос.

В основном, сверточные нейросети используются для распознавания образов в компьютерном зрении. Более того, они могут применяться не только для обработки, но и для создания изображений.

Также сверточные нейросети употребляют для распознавания речи, обработки аудиосигналов, для анализа смысла текстов, даже для игры в логические игры. Полного математического описания работы сверточных нейросетей пока не существует. Не совсем понятно, как меняются параметры нейронных слоев в зависимости от изменения изображения. Несомненно, в ближайшие годы эта задача будет решена и мы будем наблюдать большой прогресс в применении технологий глубокого обучения.

Одним из разновидностей популярного ныне биохакинга является киберконтроль сахарного диабета, люди, которые используют систему OpenAPS, называются кибердиабетиками. «Открытая искусственная система поджелудочной железы» (Open Artificial Pancreas System, OpenAPS) представляет собой устройство с программным обеспечением, которое позволяет больным сахарным диабетом поддерживать нормальный уровень сахара в крови, избегая опасных состояний, автоматически управляя инсулиновой помпой, основываясь на сведениях о глюкозе в крови и о съеденной пище. OpenAPS работает совместно с сенсором, который прикрепляется к коже и анализирует состав крови, сенсор по Bluetooth передает информацию на телефон, программа в телефоне анализирует показатели крови и отправляет данные системе OpenAPS.

Затем OpenAPS дает команду инсулиновой помпе, помпа выбрасывает в кровь необходимое количество инсулина. Система самообучаемая, настроить ее нужно только в начале использования, затем на основе

накопленных данных система будет автоматически подстраивать дозы. Можно вводить в систему только количество съеденных углеводов, а жиры и белки не указывать, если ошибиться в количестве углеводов до 30 %, система справится самостоятельно. OpenAPS позволяет наблюдать за уровнем сахара удаленно через Интернет, оповещает о низком или высоком уровне сахара с помощью уведомлений. При должной настройке OpenAPS не нуждается в доступе к Интернету и работает автоматически.

Широкое применение технологии искусственного интеллекта нашли в управлении бизнес-процессами крупных торговых и производственных компаний. Например, в целях маркетинга для улучшения конверсии в электронной коммерции, повышения уровня вовлеченности клиентов, оптимизации сверхперсонализированной коммуникации и снижения оттока клиентов применяются такие методы машинного обучения как искусственные нейронные сети, векторное представление товаров, глубокая совместная фильтрация, динамическая трансформация временной шкалы, поиск ассоциативных правил.

## **2.2. Применение роботов в промышленности и быту**

Робототехника является одним из ведущих направлений развития науки и техники в XXI в. Как машина-автомат принципиально нового типа, робот может быть и технологической машиной, и транспортной, и информационной, может выполнять функции технологического приспособления или средства автоматизации. Основу современной робототехники составляют компьютерные технологии. Согласно отчету Национальной ассоциации участников рынка робототехники, представленном 24 апреля 2019 года, в 2018 году в России на промышленных предприятиях было установлено 860 роботов, что на 21% больше, чем в 2017 году. Для сравнения, в Китае за этот же период было внедрено 133 200 промышленных роботов, в Японии – 52 400. В России соотношение количества роботов на 10 000 работников составило 4 робота, при среднемировом показателе: 106 роботов для Европы, 91 – для Америки и 75 – для Азии.

В начале апреля 2019 года Международная федерация робототехники (IFR) опубликовала исследование, посвященное уровню проникновения промышленных роботов в разных странах. Первое место в рейтинге заняла Южная Корея, в которой на 10 тыс. рабочих приходится 710 роботов. В тройку лидеров вошли Сингапур, (658 роботов) и Германия (322). России в этом списке нет.

Робототехника – область техники, связанная с разработкой и применением роботов, а также компьютерных систем для управления ими,

сенсорной обратной связи и обработки информации; базируется на основе имеющихся достижений кибернетики, механики и электроники. Из кибернетики робототехника заимствовала интеллектуальное управление и бионика как источник заимствованных у природы идей, из механики – законы движения механических конечностей для эффективного выполнения конкретных производственных операций. Электроника предполагает внедрение микроэлектронных систем в систему управления роботом.

Функции, которыми должен обладать робот:

- функция манипулирования и перемещения. Робот выполняет полезную работу;
- функция определения состояния внешней среды. Робот обладает органами чувств, позволяющими ему распознавать объекты;
- функция осмысления и принятия решений. Робот определяет последовательность операций, необходимых для достижения целей, заданных человеком;
- функция диалога, при реализации которой обеспечивается эффективная связь робота с человеком.

В соответствии с выполняемыми функциями у робота можно выделить три основные части. Одна часть выделяет в себе исполнительные органы, базой которых служат механические элементы. С помощью исполнительных органов робот активно воздействует на внешнюю среду. Другая важная часть объединяет органы чувств (чувствительные элементы), с помощью которых выполняется сбор необходимой информации о внешней среде. Чувствительные элементы в своей работе используют технику измерений. Третья часть объединяет элементы обработки информации, она базируется на вычислительной технике.

Роботы и робототехнические системы делятся на три больших класса:

- Манипуляционные;
- Мобильные (движущиеся);
- Программные.

Программные роботы представляют собой комплексы измерительно-информационных систем и управляющих средств, автоматически реализующих сбор, обработку, передачу информации и формирование в соответствие с этой информацией различных управляющих сигналов (системы автоматического контроля и управления производством).

Мобильные роботы – это подвижные системы, имеющие в своей структуре передвижных роботов, которые обеспечивают автоматическое перемещение объектов манипулирования в пространстве. Как правило, это технические системы, в состав которых входят подъемно-транспортные роботы в виде тележек, штабелеров и перемещающих роботов с запрограммированными маршрутами перемещений и запро-

граммированной автоматической адресовкой цели. Они применяются для обслуживания складов, перевозок объектов между цехами и участками и т.п.

Как показано на рис. 2.1, манипуляционные робототехнические системы и соответствующие им роботы и манипуляторы подразделяются на виды, роды и типы.

Совокупность автоматически действующих роботов, относящихся к классу манипуляционных, образована четырьмя родами: жестковстроенные, программные, адаптивные, интеллектуальные. Термин «интеллектуальные» возник как альтернативный термину «интеллектуальный» применительно к свойствам машин, внешне напоминающим и, отчасти, совпадающим с мыслительной деятельностью человека. Некоторые авторы вместо термина «род» в данном контексте используют термин «поколение», несущий несколько иную от общепринятой смысловую нагрузку. Иными словами, эти поколения не сменяют друг друга, а существуют параллельно, развиваясь внутри себя.

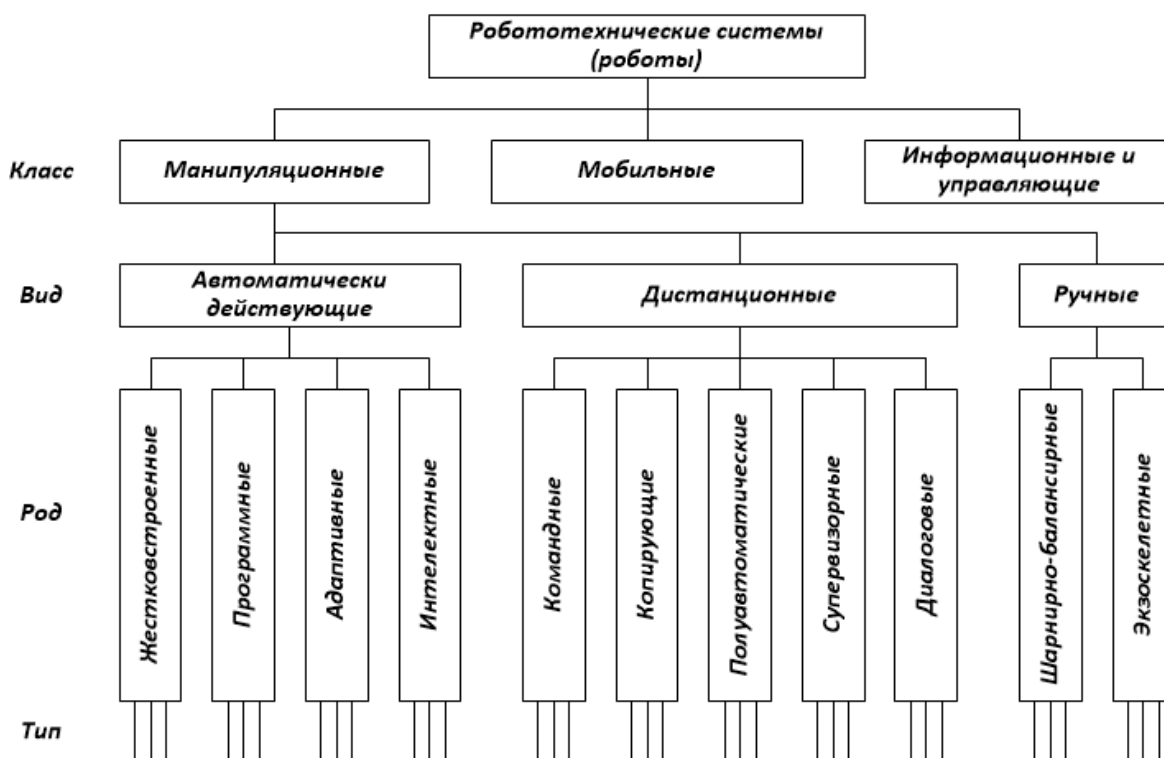


Рис. 2.1. Классификация манипуляционных роботов

Жестковстроенные манипуляторы называют нулевым (дороботным) поколением, которое характеризуется отсутствием у них собственных перенастраиваемых (перепрограммируемых) устройств программного управления. В результате жестко связанные с остальным технологическим оборудованием, они управляются системой управления этого оборудования и представляют собой манипуляторы и автооператоры.



Программные роботы или, как их еще называют, роботы первого поколения комплектуются управляемыми приводами для всех кинематических пар (называемых некоторыми авторами суставами), образованных их звеньями. Наличие собственной переналаживаемой системы программного управления обеспечивает их перепрограммирование на выполнение различных операций. Однако соответствие своему функциональному назначению этих роботов возможно лишь в строго определенной обстановке, для чего необходимо использование дополнительных приспособлений. Это приводит к удорожанию их эксплуатации, снижению гибкости и сужению использования.

Адаптивные роботы – роботы второго поколения допускают некоторую недетерминированность внешней среды или ее изменение в определенных пределах, что расширяет их возможности при эксплуатации без дополнительной технологической оснастки, повышает гибкость и производительность. Достигается это использованием в конструкции роботов-датчиков, реагирующих на обстановку, и систем обработки информации от датчиков, выполняемых в компактных микропроцессорных устройствах. Говоря иначе, адаптивные роботы в состоянии самостоятельно в определенных пределах перепрограммировать (гибко изменять) движения манипулятора, приспосабливаясь к изменениям внешней среды.

Интеллектуальные роботы, или роботы третьего поколения, отличает наличие более богатого очувствления, обеспечиваемого использованием комплекса средств очувствления совместно с системами технического зрения и развитой микропроцессорной обработкой информации. Наличие перечисленных средств придает этим роботам определенные свойства искусственного интеллекта. Это позволяет роботу работать в недетерминированной внешней среде или приспосабливаться к ее изменениям за счет программирования самим роботом движений манипулятора путем автоматической выработки «решений» о своих дальнейших действиях, основанных на распознавании обстановки и направленных на решение поставленной задачи, которую оператор вводит в его систему управления в наиболее общей форме. Перечисленные факторы позволяют работать этим роботам с движущимися объектами, с объектами различных форм и размеров, самостоятельно ориентированными в пространстве и т.д.

Типы роботов определяют в соответствии с видом энергоносителя, обеспечивающим движение манипулятора и его звеньев. Различают четыре типа роботов: электромеханический, пневматический, гидравлический и комбинированный.

Современные роботы используются человеком в различных областях: в производстве, дома, в офисе, в центрах реабилитации, в больницах, школах и университетах, их используют в военных целях и в работе

спецслужб. Сегодня роботы прочно освоили нишу производственных процессов, используются для работы в опасных для жизни человека условиях или в тех условиях, где возможности человека ограничены его природой. Основной задачей промышленных роботов является автоматизация процессов по совершению полезной работы, связанной с затратами механической энергии, и автоматизация операций по сбору, переработке и передаче информации, выработка на основании этой информации процессов управления. Элементы роботов активно внедряются в реабилитационную деятельность, восстанавливающую утраченные способности людей, потерявших конечности. Ведутся активные работы по созданию роботов для использования в военной и космической отраслях.

Однако у современных роботов существуют и нерешенные пока еще проблемы, к которым относятся оцувствление, интеллектуализация, энергопотребление и энергосбережение. К перспективам развития роботов относятся переход от использования индивидуальных единиц к коллективному использованию, создание самокоординирующих систем, переход от жестких к мягким системам (био- и хемогибриды, нейро- и клеточные интерфейсы), использование свойств новых материалов (жидкостные, молекулярные и коллоидные роботы), создание технологических клеток, интегрирование компьютеров в специальные мобильные устройства, способные самостоятельно передвигаться, создание RFID-радиоидентификационных имплантатов для людей и животных. Все перечисленное относится и к робототехническим системам, используемым в промышленном производстве с учетом соответствующих поправок на их специфику.

Наиболее совершенные роботы способны самостоятельно и в комплексе решать задачи по самоуправлению, адаптации и реализации трудовых воздействий. Различия роботов определяются их техническим уровнем, показателями систем управления, информационного обеспечения и исполнительных органов.

Перспективными областями применения роботов являются медицина, космонавтика, пожарная безопасность, сельское хозяйство, транспорт, образование, военное дело, сфера финансовой деятельности и т.д.

Одним из основных компонентов оборудования гибкого автоматизированного производства являются промышленные роботы и манипуляторы. Сравнительный анализ применения роботов на производстве показывает, что наибольшее количество роботов применяется в заготовительном и механообрабатывающем производстве. Все большее внимание уделяется роботизации сборочного производства. Затраты на сборку составляют до 50 % себестоимости изделия, что вызвано преобладанием ручного труда и использованием рабочих высокой квалификации.

Автомобилестроение занимает лидирующие позиции среди различных отраслей промышленности по уровню роботизации. Современное машиностроительное производство развивается в условиях серийного выпуска продукции, поэтому к промышленным роботам предъявляются такие требования как быстрая переналаживаемость, модульность, оснащенность датчиками наличия и положения деталей, универсальность хватных устройств. В США существуют роботы, предназначенные для сборки небольших узлов, составляющих около 90 % всех деталей автомобиля, точность позиционирования которых находится в пределах  $\pm 0,1$  мм. С помощью таких роботов можно захватывать неориентированные детали и подавать их уже в ориентированном виде на сборочные позиции. Более 23 % промышленных роботов, выпускаемых в США, Японии, Германии, Италии применяются для подачи деталей на сборочные позиции и съема собранных узлов, а также для выполнения простых сборочных операций. Большинство этих роботов имеют агрегатную конструкцию и число их степеней подвижности не превышает четырех.

В 2019 г. на предприятии «Аргос 2003», занимающимся оптовой продажей бакалеи, российская компания PIX Robotics разработала и внедрила робота для выполнения финансовых операций. Благодаря роботизации процесса выгрузки банковских выписок удалось освободить 40 рабочих часов человека, а сам процесс ускорить в 4 раза. Также робот помогает компании получать достоверную информацию о контрагенте в короткие сроки через систему СБИС (узнать финансовое состояние и вероятность банкротства потенциального или текущего контрагента).

В компании Билайн робот RobBee, работающий на основе технологии RPA, проверяет поступление денег из салонов в банк, выявляет недостачи, проверяет поступления платежей по банковским картам, находит ошибки, сверяет данные для налоговой инспекции. Общий центр обслуживания смог отказаться от визуальной проверки более 90% кассовых документов, снизить трудоемкость процесса в четыре раза и повысить скорость выполнения операций на 30%. В два раза увеличился объем выполняемых действий без найма дополнительных сотрудников. Предполагается, что в первый год работы RPA расходы сократятся на 36 млн руб., а окупаемость проекта составит семь месяцев.

Технология RPA (Robotic process automation) – это метод роботизации рабочих процессов, информационная технология, позволяющая настроить программное обеспечение (программных роботов, цифровых работников) на исполнение повторяемых, механических операций на уровне пользовательского интерфейса. Сначала RPA-система наблюдает за выполнением задачи пользователем в графическом пользовательском

интерфейсе приложения, затем повторяет действия человека-оператора и выполняет автоматизацию процесса решения задачи.

Программу можно настроить на выполнение конкретной задачи, не требующей анализа и принятия решений, следовательно, не изменяющей информационную структуру предприятия.

Программные роботы могут имитировать действия человека при выполнении финансовых и сопровождающих операций, а именно, распознавать данные, предоставляемые через пользовательский интерфейс корпоративных приложений, осуществлять ввод данных, управлять работой приложений, выполнять транзакцию в корпоративных сетях, автоматизировать обработку запросов, отправлять ответы и подтверждения, взаимодействовать с системами управления потоками информации, бизнес-процессами, инициировать запросы к контрагентам. Технология RPA востребована в сферах финансово-хозяйственного и бухгалтерского учета, кадрового учета, торговли, закупок, обработки информации, налоговой службы для упорядочения и автоматизации сбора и обработки данных, управления запасами, формирования отчетов. Благодаря применению RPA наблюдается сокращение себестоимости рабочих процессов на 25–50 %, повышение продуктивности деятельности сотрудников на 35–50 %, условное высвобождение 2–5 сотрудников в результате внедрения одного робота, полное исключение ошибок и влияния человеческого фактора.

Робот может быть размещен на компьютере сотрудника, в этом случае он выступает в роли ассистента, который выполняет рутинную работу. Также в виртуальной среде может размещаться несколько роботов для выполнения массовых задач. При этом программные роботы на основе RPA-технологий, выпускаемые разными компаниями, могут быть совмещены с искусственным интеллектом, что существенно увеличивает функциональность робота и его цену, специализироваться на автоматизации бизнес-процессов с участием человека и без него.

Одной из наиболее перспективных и востребованных областей в роботизации является медицина. Примером могут служить роботы для ухода за пациентами, робототехника для восстановительной медицины, роботы-хирурги и т.д. В июне 2019 года пермская компания *Promobot*, которая специализируется на создании сервисных человекоподобных роботов для выполнения функций промоутера, гида, консультанта, сообщила о создании робота-врача, способного опрашивать пациентов и давать рекомендации. По словам разработчиков, минимума информации роботу достаточно для беспристрастных рекомендаций. Роботу нужно знать возраст, рост, вес и другие показатели здоровья. Затем искусственный интеллект анализирует данные и выдает простейшие советы, например, по борьбе с лишним весом. В дальнейшем планируются, что робот будет самостоятельно осуществлять измерение параметров

здоровья человека – давления, пульса, температуры, показателей крови, анализировать их и проводить более сложную диагностику.

Сервисная робототехника развивается гораздо быстрее промышленной и по мнению российских аналитиков и экспертов имеет бóльшие перспективы для дальнейшего развития. Безусловным лидером в начале роботизации социальной сферы стала Япония, в 2001 году познакомившая мир с роботом Раго, созданным в виде детеныша гренландского тюленя. На данный момент в терапевтических целях он используется более чем в 30 странах мира. Основная цель Раго – оказывать успокаивающий эффект и вызывать положительные эмоции у пациентов врачебных заведений и обитателей домов престарелых. Благодаря наличию нескольких сенсоров, этот робот способен реагировать на различные события – вилять «хвостом», открывать и закрывать глаза, издавать звуки, демонстрировать различные эмоции.

Медицинские роботы – электронно-механические устройства, которые частично или полностью выполняют функции человека или его отдельных органов и систем при решении различных медицинских задач.

Роботизированная хирургия – одно из самых перспективных направлений в современной медицине. Только в США, например, из-за врачебных ошибок ежегодно погибает 251 тыс. американцев. Благодаря использованию технологий искусственного интеллекта это значение возможно уменьшить в несколько раз.

### **Роботизированные хирургические системы da Vinci**

Первый прототип этого робота был разработан для армии США в конце 80-х годов прошлого века, однако позднее прочно вошел в современную медицинскую практику. Сам аппарат состоит из двух блоков – один предназначен для оператора, а другой представляет собой автомат с четырьмя руками. Именно он и выполняет функцию хирурга, в то время как врач наблюдает за ходом операции, находясь за пультом. Управление такой системой напоминает управление игровой приставкой: врач оперирует не скальпелем, а джойстиком. Прежде всего da Vinci используется в кардиологии, урологии, онкологии и гинекологии. Главной фишкой робота считается проведение таких операций, которые невозможны для обычных хирургов. Маленькие разрезы предотвращают лишнюю потерю крови, а «пальцы» робота гораздо тоньше и точнее пальцев обычного хирурга, к тому же они не могут дрожать или уставать. Сегодня более 3 тыс. роботов-хирургов по всему миру выполняют миллионы операций, в том числе в России используется 25 подобных систем.

Положительные стороны роботизированной хирургии:

- Манипуляторы с инструментами имеют значительно большее количество степеней свободы по сравнению с лапароскопическими инструментами.

- Увеличенное 3D-изображение операционного поля в высоком разрешении с возможностью наложения данных компьютерной томографии или МРТ.
  - Более точные движения инструментов приводят к меньшему травмированию и более быстрой реабилитации пациентов.
  - Возможность масштабирования движений рук хирурга, что особенно важно при проведении тонких операций (например, сшивании мелких сосудов).
  - Отсутствие «человеческого» фактора, невозможность ошибки из-за недостатка опыта.
  - Возможность оперировать из любой точки планеты.
- Негативные стороны роботизированной хирургии:
- Отсутствие обратной связи по определению усилия на органы управления (манипуляторы способны развивать значительные усилия, и врачу нужно тщательно оценивать свои движения, чтобы не повредить ткани).
  - Узкое операционное поле.
  - Высокая стоимость операций (из-за высокой стоимости оборудования).

### **Система Flex Robotic System**

Система Flex Robotic System – это робот-змея, гибкая эндоскопическая система, позволяющая проводить операции не инвазивно, то есть без единого разреза на теле. При необходимости оперативного вмешательства Flex Robotic System вводится через горло внутрь организма и под руководством управляющих ею хирургов производит все необходимые манипуляции. При этом не остается никаких швов, самое неприятное, что почувствует пациент, – дискомфорт в челюсти после процедуры. Медицинская сертификация для использования уже пройдена в США, Европе и Австралии, где эта технология активно применяется для проведения операций на пищеварительном тракте.

### **Медицинские экзоскелеты**

Экзоскелеты в медицине – роботизированные костюмы, представляющие собой либо небольшой протез, либо сооружение в виде скаффандра, которые помогают людям с ограниченными возможностями после травм или инсультов снова начать ходить. Это устройство на аккумуляторах задает и поддерживает ритм движения инвалида, помогая им двигаться, развивать утраченные или нарушенные функции опорно-двигательного аппарата. Разработкой российских экзоскелетов под названием «ЕхоАтлет» занимается команда ученых на базе Института механики при МГУ имени М. В. Ломоносова. Их костюмы уже используются в российских клиниках.

### **2.3. Развитие интеллектуальных систем обеспечения комплексной безопасности населения**

Усовершенствование современной жизни, создание более комфортных условий жизнедеятельности приводит к повсеместному внедрению электронно-технических средств, необходимых в решении вопросов производства, транспорта, коммуникации, образования, медицинского обеспечения, в решении экономических вопросов, юридических, военных и т.д., что влечет возникновение новых угроз, нередко носящих комплексный характер.

Противопоставить новым угрожающим «вызовам времени», общество на современном этапе своего развития может интеллектуальную систему комплексной безопасности как совокупность мер, направленных на поддержание безопасности жизнедеятельности.

Комплексная безопасность – это, прежде всего, состояние защищенности населения, материальных и духовных ценностей от возможного нанесения ущерба. Внедрение интеллектуальных систем комплексной безопасности призвано обеспечить способность нормального функционирования городских и сельских систем жизнеобеспечения, поддержание достойного жизненного уровня граждан, стабильность экономической, социально-политической ситуации, благоприятную экологическую, демографическую, техногенную, духовно-нравственную, социально-психологическую обстановку и иные условия для динамичного развития города и села, реализации интересов личности и общества.

Основная роль в обеспечении комплексной безопасности объектов и мест массового пребывания людей в настоящее время принадлежит специальными техническими средствами.

Экспертами в области безопасности предлагаются системы инновационных средств экстренного выявления угроз безопасности различного характера, признаков подготовки к совершению противоправных действий и своевременного реагирования на них.

В аэропортах, на железнодорожных и автовокзалах уже активно применяются системы распознавания лиц и интеллектуальная видеоаналитика для оперативного распознавания лиц с целью выявления нарушителей правопорядка или других разыскиваемых граждан.

Решать эту задачу возможно с применением средств IoT-технологии. Так, китайская компания LLVision выпустила на рынок «умные очки GLXSS». Данный продукт с успехом используются китайской полицией на объектах транспорта, и зарекомендовал себя высокоэффективным оперативным средством выявления лиц, находящихся в розыске, а также лиц с поддельными документами. Кроме этого, устройство также может успешно применяться для проверки регистрационных номеров транспортных средств. Очки GLXSS оснащены четырехъядерным

процессором Cortex-A7 и поставляются в комплекте с 1 ГБ оперативной памяти и 16 ГБ встроенной памяти, а 8-мегапиксельная видеокамера может записывать видео в разрешении 1080p. Также очки поддерживают функции распознавания голоса и управление жестами. Со всеми этими функциями GLXSS имеют массу всего 55 г. В очки встроен 0,25-дюймовый видоискатель с разрешением VGA. Полученные данные передаются по протоколу Wi-Fi 802.11 b/g/n и Bluetooth 4.0. Внешний вид интеллектуального прибора представлен на рис. 2.2. По данным информационных агентств «Умные очки GLXSS» уже проходят тестирование в Российской Федерации.



Рис. 2.2. Очки GLXSS

Нередко обеспечение безопасности объектов или мест массового пребывания людей осложняется большими площадями и их разноуровневым расположением, в том числе многоэтажностью зданий, объемностью сооружений со сложной подземной и наземной инфраструктурой. Решением вопросов обеспечения безопасности на таких объектах является постоянное, круглосуточное использование средств системы охранного телевидения.

Разработанная модель позволяет видеоаналитическому комплексу эффективно проводить предиктивный анализ и осуществлять сбор и обработку информации в автоматизированном режиме. Именно это дает возможность решать следующие задачи по выявлению и распознаванию:

- нестандартного поведения людей;
- тревожных ситуаций;
- движения в запрещенном направлении;
- агрессивного поведения людей (грабежей, разбойных нападений, драк, вандализма и т.п.);
- пересечения контрольных линий;
- скопления людей и образования толпы;



- людей, находящихся в розыске;
- бесхозных предметов и т.п.

Но возможности интеллектуальной видеоаналитики на этом не заканчиваются, одной из интересных функций предлагаемой разработчиками является организация слежения за конкретным объектом, его оперативный поиск по внешним данным, как в реальном временном режиме, так и в архиве видеособытий.

Уникальные эксплуатационные характеристики видеоаналитических модулей в Российской Федерации достигнуты за счет применения методов, используемых российскими учеными в ядерной физике для анализа сверхслабых сигналов, а разработанный отечественной компанией HeadPoint интеграционный программный пакет – IoT-платформа InOne, предназначен для создания системы ССОИ (система сбора и обработки информации), а также интеграции видеоаналитических модулей в единое информационное пространство.

По мнению экспертов, хорошую перспективу применения в решении задач обеспечения комплексной безопасности мест массового пребывания людей имеет система дистанционного бесконтактного сканирования и распознавания психофизиологического состояния человека, которая может установить уровень его опасности для окружающих (агрессии, стресса, тревожности). Основной полезной функцией системы является выявление потенциальных террористов, лиц в состоянии алкогольного или наркотического опьянения, повышенного возбуждения и т.п. Программа системы работает на основе технологии виброизображения, которая регистрирует незначительные вибрации живого объекта с помощью стандартных технических аппаратных средств, например, цифровых видеокамер. Данная незначительная вибрация (перемещение точек тела в пространстве) отражает психофизиологическое состояние человека и уровень его эмоционального возбуждения. Все это позволяет дистанционно сканировать людей, выявлять уровень их агрессии, стресса, а также осуществлять детекцию лжи в режиме реального времени.

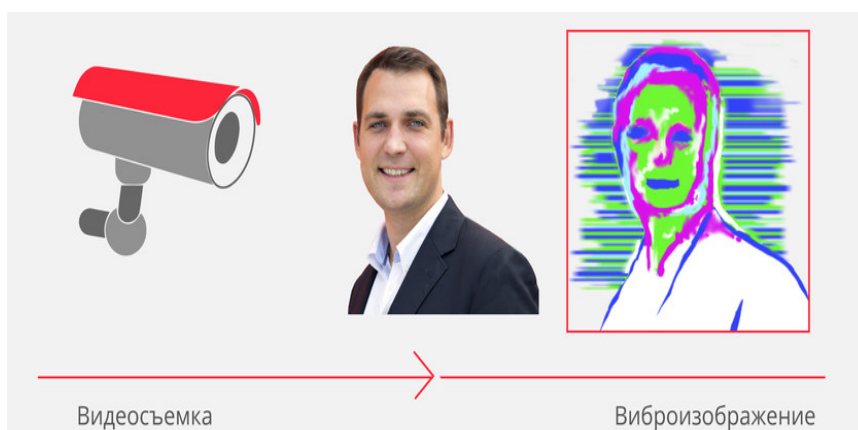


Рис. 2.3. Система распознавания психофизического состояния человека

Основные этапы работы системы распознавания психофизического состояния человека:

- Захват изображения (5–10 секунд видеозаписи), отображение динамики микродвижений за этот период времени (рис. 2.3).
- Анализ виброизображения может быть произведен по схеме, представленной на рис. 2.4.

Система анализирует и регистрирует более 20-ти параметров виброизображения. Используя описанный метод, можно анализировать записанные ранее видеофайлы и осуществлять оценку уровня лжи в видеоматериалах, полученных с любого источника. Данная система успешно применялась в составе системы комплексной безопасности (КСБ) Олимпиады Сочи-2014.

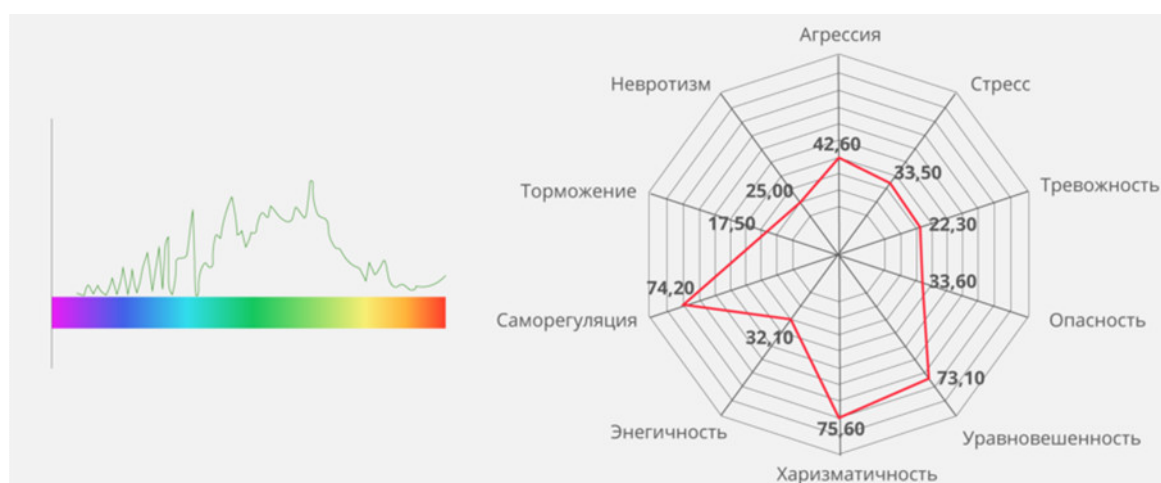


Рис. 2.4. Система распознавания психофизического состояния человека

Другой интересной интеллектуальной разработкой, обеспечивающей безопасность жизнедеятельности, становится система локального позиционирования людей и транспортных средств.

Специальные технические средства локального позиционирования людей и транспортных средств на основе технологий RTLS (локализация в реальном времени) и RFID (радиочастотная идентификация) позволяют в режиме реального времени контролировать местоположение и перемещение людей, транспортных средств, грузов и других объектов. Они могут применяться в помещениях и на открытом воздухе, в различных погодных условиях.

В составе систем применяются метки для обозначения (мечения, маркирования) объектов, антенны, считыватели информации, принтеры для меток RFID, специальное программное обеспечение, серверное оборудование, интеграционные платформы и базы данных.

Системы работают независимо – за счет собственных аппаратных средств. Передача данных происходит по цифровому помехозащищенному радиоканалу. Роль спутников выполняют точки доступа систем,

установленные таким образом, чтобы обеспечить сплошное покрытие контролируемых зон.

Системы на основе средств RTLS и RFID на объектах с массовым пребыванием людей могут решать следующие задачи:

- контроль доступа людей и транспортных средств на охраняемые объекты (территории);
- контроль различных технологических процессов;
- автоматизация учета объектов;
- учет рабочего времени (например, сотрудников охраны, обслуживающего персонала и т.д.);
- контроль текущего местоположения и траектории перемещения людей, транспортных средств, строительной техники, других объектов в режиме реального времени в границах контролируемых помещений и территорий;
- расчет, контроль и анализ длины маршрутов;
- обеспечение сотрудников охраны, персонала объекта цифровой связью, возможность двусторонней или многосторонней голосовой связи, запись переговоров, подключения разговора к стационарной телефонной сети предприятия или какого-либо другого объекта (для систем RTLS);
- выявление объекта наблюдения в границах контролируемой территории или здания и автоматическое подключение видеослежения за объектом;
- передача сигналов тревоги (для системы RTLS);
- контроль скопления людей.

Принцип работы систем RTLS очень прост: по периметру помещения расставляется специализированное оборудование – точки доступа, измеряющие расстояние от себя до мобильных меток. Зная расстояния от мобильного устройства до хотя бы трех точек доступа, система достаточно точно определяет местоположение объекта. В качестве основы таких решений могут использоваться технологии RFID, Wi-Fi, сверхширокополосные технологии Ultra Wide Band, а также стандарт радиосвязи IEEE 802.15.4a (Chirp Spread Spectrum).

Выбор какой-либо из технологий во многом зависит от специфики задачи и контролируемых объектов. Например, если территория большая, то правильнее применять технологии CSS. При очень высоком числе контролируемых объектов крайне критична стоимость мобильных устройств. В этом случае имеет смысл использовать дешевые RFID-метки. При этом, средства RTLS и RFID выпускаются отечественными предприятиями и компаниями (например, компанией RST Invent, входящей в одну из ведущих российских IT-компаний – ГКС (АО «Группа Систематика») – и по своим характеристикам ни в чем не уступают зарубежным аналогам, а по некоторым характеристикам превосходят их.

Продолжают играть важную роль средства экстренной связи (СЭС). Нужно отметить, что средства системы экстренной связи на май 2019 года представляют собой высокоэффективные отечественные IP-решения, интегрируемые в системы комплексной безопасности. В первую очередь данные средства предназначены для передачи сигналов тревоги, вызова службы спасения, сотрудников правоохранительных органов, экстренного оповещения людей об угрозах, указания действий в чрезвычайных ситуациях, оказание помощи в выборе оптимального маршрута движения и т.п.

IP-системы экстренной связи по беспроводной технологии обеспечивают улучшенное качество передачи голосовых сообщений. В экстренной связи нуждаются все без исключения объекты массового пребывания людей, в том числе медицинские, образовательные учреждения, объекты транспортной инфраструктуры, торгово-развлекательные центры, спортивные объекты, музейно-культурные комплексы и др.

Например, СЭС «Гражданин–полиция» предназначена для круглосуточного оперативного обеспечения связи граждан с дежурной частью ОМВД РФ по населенному пункту в экстренных ситуациях. Воспользоваться устройством может даже ребенок. Такие «островки безопасности» играют и определенную профилактическую роль, совместно с камерами видеонаблюдения, размещенными в местах массового пребывания населения, они оказывают превентивный психологический эффект, «предостерегая» потенциальных нарушителей от совершения правонарушений (рис. 2.5).

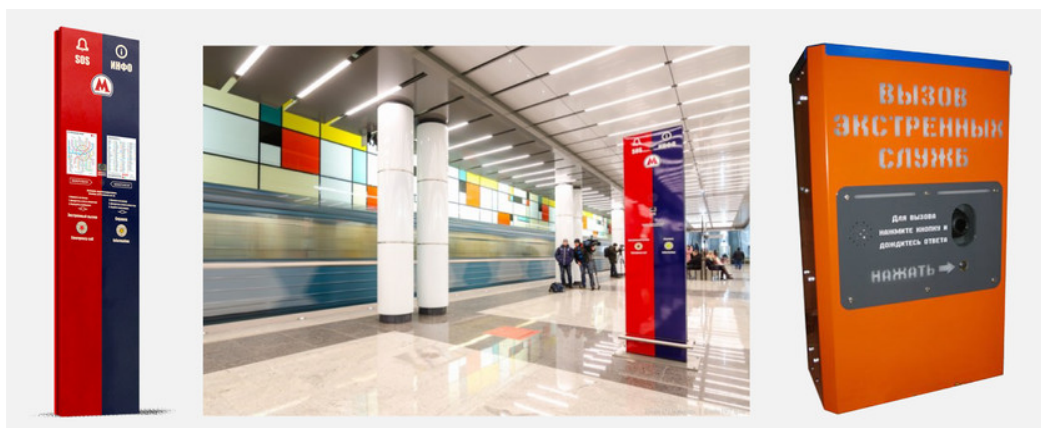


Рис. 2.5. Средства системы экстренной связи

К гражданину, обратившемуся за помощью через систему экстренного вызова, незамедлительно направляется патруль. В это время оператор пульта выясняет у звонящего все необходимые подробности и передает соответствующие указания дежурным нарядам полиции. В результате поиск подозреваемых и их задержание осуществляется еще до того, как пострадавший напишет заявление.

Несмотря на некоторые неудобства, доставляемые гражданам важнейшей составляющей КСБ объектов с массовым пребыванием людей и мест проведения массовых мероприятий, являются средства специальных технологий безопасности для оперативного выявления веществ, материалов и изделий повышенной опасности (в том числе диверсионно-террористических средств).

Обычно эти средства применяются в составе специальных досмотровых комплексов (СДК), предназначенных для оперативного контроля людей, ими носимых, в том числе личных вещей, ручной клади и багажа (если речь идет об объектах транспортной инфраструктуры), а также транспортных средств и грузов. СДК, в зависимости от условий их применения, могут быть в стационарном и мобильном исполнении.



Рис. 2.6. Инспекционно-досмотровые комплексы

Они могут входить в состав специальных капитальных и временных контрольно-пропускных пунктов. На основе досмотрового оборудования могут создаваться и модульные контрольно-пропускные пункты (в том числе комбинированные пункты пропуска людей и транспортных средств). СДК для контроля транспорта и грузов часто называют инспекционно-досмотровыми комплексами, которые также могут быть мобильными (МИДК) и стационарными (СИДК или просто – ИДК).



Рис. 2.7. Специальные досмотровые комплексы

Основное оборудование СДК представляет собой:

- пешеходные и транспортные радиационные мониторы, полноростовые мм-волновые проходные (в том числе с самой высокой скоростью прохода) сканеры тела человека, стационарные арочные и носимые металлодетекторы, сканеры обуви, тепловизоры контроля температуры тела людей;
- рентгентелевизионные интроскопы для досмотра носимых, в том числе личных вещей граждан;
- универсальные досмотровые средства, которые могут применяться для контроля людей, транспортных средств, грузов, исследования помещений, бесхозных вещей и т.д. – носимые и настольные детекторы веществ и материалов повышенной опасности, включая детекторы взрывчатых веществ, наркотических средств и психотропных веществ, отравляющих, сильнодействующих ядовитых веществ, опасных биологических материалов, опасных жидкостей; портативные носимые дозиметры-радиометры и т.п.;



Рис. 2.8. Специальные досмотровые комплексы

Все названные выше средства безопасности выпускаются в РФ и по своим техническим и эксплуатационным характеристикам не уступают ведущим зарубежным аналогам, а некоторые из них вообще не имеют аналогов в мире, например, рентгеновские сканеры скрытых полостей, радиационные мониторы, детекторы опасных жидкостей. Внешний вид досмотровых средств представлен на рис. 2.6 – 2.9.



Рис. 2.9. Портативный детектор и идентификатор взрывчатых и наркотических веществ, отравляющих веществ SABRE 5000, разрабатываемый российской компанией Специнтек

Следует отметить, что перечисленное выше основное досмотровое оборудование СДК при организации КСБ объектов (мест) массового пребывания людей в обязательном порядке должно дополняться техническими средствами, решающими специфические задачи оперативного распознавания, подавления и локализации угроз безопасности. Эти средства в отличие от основного досмотрового оборудования, открыто стоящего на контрольно-пропускных (досмотровых) пунктах, не видны, но их роль чрезвычайно важна. Большинство из этих средств представляют собой технически сложные системы с особыми характеристиками.

В представленном параграфе учебного пособия рассматривались те интеллектуальные средства и системы безопасности, которые авторы считают особенно перспективными для внедрения в КСБ мест массового пребывания людей. Кроме указанных выше средств и систем, которые составляют КСБ, применяется еще целый ряд систем традиционной безопасности: контроля и управления доступом, охранно-тревожной сигнализации, противопожарные системы, системы охранного освещения, управления эвакуацией и т.д. Но уже даже по общему описанию рассмотренных выше специальных технических средств безопасности можно себе представить, насколько уже сложны системы безопасности.

КСБ мест массового пребывания людей строятся по определенным принципам, в несколько рубежей охраны. Уже надежно контролируются люди, транспортные средства, грузы, товары, наземные и подземные сооружения, воздушное пространство и т.д. Важнейшей частью организации безопасности мест массового пребывания людей являются глубоко продуманные регламенты контроля (досмотра), которые, минимизируют влияние человеческого фактора.

Современные КСБ представляют собой умные интегрированные системы, осуществляющие внутренний мониторинг, сбор и обработку информации от своих элементов, сами контролируют себя за счет автоматизированного управления. Подсистемы обеспечения их функционирования определенным образом дублируются и защищаются от

несанкционированного доступа, в том числе к собираемой, обрабатываемой и хранимой информации.

КСБ предусматривают масштабирование, постоянное развитие и могут применяться для обеспечения комплексной безопасности объектов массового пребывания людей различных объемов. Они обязательно учитывают специфику территорий, объектов, мероприятий и адаптируются к определенным условиям эксплуатации.

Современные КСБ, организуемые на основе рассмотренных выше средств, представляют собой конструктор (сочетание стационарно-модульных и мобильных решений), который может оперативно перестраиваться для эффективного обеспечения безопасности капитальных и временных сооружений объектов, территорий, в том числе дошкольных, образовательных и лечебно-профилактических учреждений, объектов торговли, включая крупные торгово-развлекательные центры и рынки, спортивных сооружений, объектов культуры, включая музейно-выставочные комплексы, парки отдыха и развлечений, территории массовых гуляний, например, фан-зон, мест проведения культурных мероприятий (фестивалей, концертов, вернисажей и т.п.), объектов транспорта и т.д.

### ***Вопросы к семинару***

1. История развития робототехники и эволюция понятия «робот».
2. Простые механизмы и их применение в робототехнике.
3. Восприятие информации роботом и человеком.
4. Охарактеризуйте современные технологии, применяемые в робототехнике.
5. Назовите три закона робототехники и кратко охарактеризуйте их.
6. Перечислите и охарактеризуйте компоненты роботов.
7. Перечислите и охарактеризуйте способы перемещения роботов.
8. Перечислите и охарактеризуйте системы управления роботами.
9. Проведите анализ современного состояния применения роботов в промышленности.
10. Объясните, почему решение вопросов обеспечения безопасности носит комплексный характер, приведите примеры.
11. Какова роль федеральных органов исполнительной власти в создании, поддержании и развитии комплексных средств безопасности?
12. Достижения в каких областях наук способствуют развитию комплексных средств безопасности, ответ аргументируйте?





## Глава 3. БИОИНЖЕНЕРИЯ И БИОМЕДИЦИНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

### 3.1. Общие представления о биотехнологии

Следует признать, что в настоящее время отсутствует единое определение того, что такое **биотехнология**. Дело в том, что понятие биотехнология является многогранным:

- использование биологических объектов, систем или процессов для производства необходимых продуктов или для нужд сервисной индустрии;
- комплексное применение биохимических, микробиологических и инженерных знаний с целью промышленного использования потенциальных возможностей микроорганизмов, культур клеток и отдельных их компонентов или систем;
- технологическое использование биологических явлений для воспроизводства и получения (изготовления) различных типов полезных продуктов;
- приложение научных и инженерных принципов для обработки материалов биологическими агентами с целью получения необходимых продуктов или создания сервисных технологий.

Термин биотехнология включает составляющие «биос-», «техне-», «логос-» греческого происхождения (от греч. «биос» – жизнь, «техне» – искусство, мастерство, умение и «логос» – понятие, учение). По сути, **биотехнология** по существу сводится к использованию микроорганизмов, животных и растительных клеток или же их ферментов для синтеза, разрушения или трансформации (превращения) различных материалов с целью получения полезных продуктов для различных нужд человека.

Таким образом, биотехнология это одновременно и область научного знания и область промышленного применения технологий получения полезных для человека веществ и продуктов в управляемых условиях с использованием живых систем (микроорганизмы, клетки животных и растений и т.д.).

Термин «биотехнология» был введен в оборот еще в 1917 г. венгерским инженером К. Эреки при описании промышленного выращивания

свиней с использованием сахарной свеклы в качестве корма. Согласно К. Эреки, биотехнология – это «все виды работ, при которых из сырьевых материалов с помощью живых организмов производятся те или иные продукты». Однако этот термин в те годы не получил широкого распространения. Только в 1961 г. к нему вновь вернулись после того как шведский микробиолог Карл Герен Хеден порекомендовал изменить название научного журнала «Journal of Microbiological and Biochemical Engineering and Technology», специализирующегося на публикации работ по прикладной микробиологии и промышленной ферментации, на «Biotechnology and Bioengineering» (Биотехнология и биоинженерия). С этого момента биотехнология оказалась четко и необратимо связана с исследованиями в области «промышленного производства товаров и услуг при участии живых организмов, биологических систем и процессов».

### **3.2. Современные направления пищевой биотехнологии**

Пищевая биотехнология – раздел биотехнологии, занимающийся разработкой теории и практики создания пищевых продуктов общего, лечебно-профилактического назначения и специальной ориентации. Пищевая биотехнология является одним из важнейших разделов биотехнологии. В течение тысячелетий люди успешно получали сыр, уксус, спиртные напитки и другие продукты, не зная о том, что в основе лежит метод микробиологической ферментации. С помощью пищевой биотехнологии в настоящее время получают такие пищевые продукты, как пиво, вино, спирт, хлеб, уксус, кисломолочные продукты, сырокопченые и сыровяленые мясные продукты и многие другие.

Производство продуктов питания и напитков – крупнейшая мировая индустрия, в которую включены специальные отрасли, такие как мясная, молочная, пивоваренная. В результате улучшения способов производства, упаковки и транспортировки продукты стали доступны в любой точке земного шара, а разработка методов хранения освободила пищевую промышленность от сезонности, связанной с получением сырья. Благодаря этим достижениям она стала способна выполнять важнейшую функцию – обеспечение общества высококачественными продуктами круглый год вне зависимости от времени и места расположения их производства и потребителя.

Пищевая цепочка начинается в сельском хозяйстве с посева семян или выращивания животных и заканчивается использованием полученных продуктов потребителем. За исключением фруктов и овощей большинство полученной сельским хозяйством продукции является сырьем (например, зерно и мясо), которое требует той или иной переработки.

Пищевая промышленность перерабатывает обычно скоропортящееся сельскохозяйственное сырье, превращая его в стабильные, вкусные и приятные для потребления продукты.

Для переработки сырья и хранения готовых продуктов биотехнология продуктов питания и напитков интегрирует современные биологические знания и методы со сложными биоинженерными технологиями. Ясно, что ни одно биотехнологическое новшество не будет внедрено в пищевую промышленность без учета вопросов экономики, которая, в свою очередь, зависит от потребительского спроса. Современные биотехнологии имеют большое влияние на рынок пищевых продуктов, влияя на стоимость, хранение, вкус, консистенцию, цвет и, прежде всего, на аспекты, обеспечивающие здоровье людей. Поскольку большинство продуктов и напитков производится в огромных количествах, они имеют низкую себестоимость и поэтому ясно, что исследование рынка сбыта более важно, чем фундаментальные исследования, на которые затрачивается около 1 % средств, вырученных от продажи. Производство продуктов питания и напитков является высокооборотным и требует больших затрат труда. Кроме того, оно очень разнообразно, им занимаются и мелкие производители, и гигантские международные компании.

Современная пищевая биотехнология превратилась в индустрию пищевых ингредиентов – вспомогательных технологических добавок, вводимых в продукты питания в процессе их изготовления для повышения их полезных свойств, качества и сохранности.

Кроме того, пищевая биотехнология применяется для получения веществ и соединений, используемых в пищевой промышленности: это лимонная, молочная и другие органические кислоты; ферментные препараты различного действия – протеолитические, амилолитические, целлюлолитические; аминокислоты и другие пищевые и биологически активные добавки.

В современной пищевой биотехнологии особо необходимо выделить такое важное направление как применение веществ и соединений, полученных биотехнологическим способом (например, органических кислот, аминокислот, витаминов), и интенсификация биотехнологических процессов в производстве пищевых продуктов. В настоящее время в пищевой промышленности широко используется продукция, полученная биотехнологическим способом. Расширяется область применения пищевых добавок, в том числе полученных с помощью микробных клеток: органических кислот, ферментных препаратов, подсластителей, ароматизаторов, загустителей и т.д. (табл. 3.1). На продовольственном рынке растет ассортимент функциональных пищевых продуктов. Для их производства применяют витамины, аминокислоты и другие соединения, полученные биотехнологическим способом.

Рассмотрим применение некоторых пищевых добавок и ингредиентов, полученных биотехнологическим путем.

Таблица 3.1

**Использование продукции биотехнологии  
в пищевой промышленности**

<b>Продукция биотехнологии</b>	<b>Использование в пищевой промышленности</b>
<i>Аминокислоты:</i>	
Цистеин, метионин, лизин	Повышение пищевой (биологической) ценности белоксодержащих продуктов
Глутаминовая кислота (глутамат натрия)	Усиление аромата мясных, рыбных и других изделий
Глицин, аспаргат	Придание кондитерским изделиям, безалкогольным напиткам кисло-сладкого вкуса
<i>Олигопептиды:</i>	
Аспартам, тауматин, монеллин	Производство низкокалорийных сладких продуктов
<i>Ферменты:</i>	
$\alpha$ -Амилаза	Производство спирта, вин, пива, хлеба, кондитерских изделий и продуктов детского питания
Глюкоамилаза	Получение глюкозы, удаление декстринов из пива
Инвертаза	Производство кондитерских изделий
Пуллуланаза	Выработка мальтазных (в сочетании с $\beta$ -амилазой) или глюконовых (с глюкоамилазой) фруктовых сиропов из крахмала
$\beta$ -Галактозидаза	Освобождение молочной сыворотки от лактозы, приготовление мороженого и др.
Целлюлазы	Приготовление растворимого кофе, морковного джема, улучшение консистенции грибов и овощей, обработка плодов цитрусовых
Пектиназа	Осветление вин и фруктовых соков, обработка цитрусовых плодов
Микробная протеиназа	Сыроварение, ускорение созревания теста, производство крекеров, улучшение качества мяса
Реннин	Свертывание молока
Пепсин, папаин	Осветление пива
Фицин, трипсин, бромелаин	Ускорение процесса маринования рыбы, отделение мяса от костей
Липазы	Придание специфического аромата сыру, шоколаду, молочным продуктам, улучшение качества взбитых яичных белков
Глюкозооксидаза, каталаза	Удаление кислорода из сухого молока, кофе, пива, майонезов, фруктовых соков для их улучшения и продления сроков хранения
<i>Витамины:</i>	
А, В1, В2, В6, В12, С, D, Е, $\beta$ -каротин	Повышение пищевой ценности продуктов

Продолжение таблицы 3.1

<b>Продукция биотехнологии</b>	<b>Использование в пищевой промышленности</b>
<i>Антиоксиданты (консерваторы)</i>	Тормозят процессы окисления, гниения, порчи продуктов питания, продлевают срок хранения
<i>Красители, усилители цвета</i>	Создание благоприятного эстетического впечатления от внешнего вида продукции
<i>Ароматизаторы</i>	Придание изделиям определенного запаха, усиление аромата
<i>Органические кислоты:</i>	
Уксусная, лимонная, бензойная, молочная, глюконовая, яблочная	Используются в консервной, кондитерской отраслях пищевой промышленности и при производстве безалкогольных напитков для придания определенного вкуса
<i>Терпены и родственные соединения:</i>	
Гераниол, нерол	Относятся к душистым веществам; используются для ароматизация пищевых продуктов и напитков

**Подкислители** применяют в основном как вкусовые добавки для придания продуктам «острого» вкуса. Самый популярный подкислитель – лимонная кислота, которую получают при участии *Aspergillus niger*, сбраживая мелассу и содержащие глюкозу гидролизаты. Ее широко используют в производстве безалкогольных напитков и кондитерских изделий. При консервировании помидоров широко используют яблочную кислоту, ее образует *A. flavus*. К числу других кислот, широко применяемых в пищевой промышленности, относятся уксусная, молочная, итаконовая (продуцент – *A. terreus*), глюконовая, используемая в форме глюконолактона (продуцент – *A. niger*), и фумаровая (микроскопический гриб рода *Rhizopus*).

**Усилители вкуса.** Вещества, усиливающие оттенки вкуса, содержатся в природных пищевых продуктах. Главным усилителем вкуса считается натриевая соль глутаминовой кислоты (глутамат натрия): ее можно получать при помощи *Micrococcus glutamicus*.

**Красители.** Основные потребности в этих соединениях удовлетворяются за счет природных источников и продуктов химического синтеза, но два из них традиционно получают методами биотехнологии. В качестве красителей и усилителей цвета используются некоторые витамины, такие как В2 (рибофлавин), бета-каротин, окрашивающие пищевые продукты в оранжево-желтые цвета. Бета-каротин применяют при изготовлении колбас с целью замены нитрита натрия, кондитерских изделий, сливочного масла, макаронных изделий.

**Загустители.** Ксантан был первым микробным полисахаридом, который начали производить в промышленном масштабе (1967 г.). Синтезируется микроорганизмами *Xanthomonas campestris* при выращивании на глюкозе, сахарозе, крахмале, кукурузной декстрозе, барде, творожной сыворотке. Это вещество обладает высокой вязкостью в широком

диапазоне pH, не зависящей от температуры и присутствия солей. Ксантаны безопасны для человека, вследствие чего с 1969 г. используются в пищевой промышленности для производства консервированных и замороженных пищевых продуктов, приправ, соусов, продуктов быстрого приготовления, заправок, кремов и фруктовых напитков. В сочетании с растительным полисахаридом из семян лжеакалии водные растворы ксантана образуют стабильные гели, что используется в производстве кормов, например, консервированных кормов для домашних животных. Широко используется в кондитерской промышленности и при производстве мороженого в качестве стабилизатора полисахарид декстран ( $\alpha$ -D-глюкан) из *Leuconostoc mesenteroides*, выращиваемого на сахарозе. Альгинаты из растительных источников широко используются в пищевой промышленности в качестве загустителей или гелеобразующих агентов. Их применяют для стабилизации йогурта, для предотвращения образования кристаллов льда при получении мороженого и т.д. Источником альгинатов служат морские водоросли (например, *Laminaria* spp.), однако по своей природе этот источник непостоянен. В промышленном масштабе получают альгинаты, выращивая бактерии *Azotobacter* в условиях избытка углерода. Причем тип получаемого альгината можно изменять, варьируя различные параметры культивирования (содержание фосфора, кальция).

### ***Приоритеты развития пищевой биотехнологии***

Подавляющее большинство пищевых ингредиентов в настоящее время импортируется, в связи с чем организация их производства в России является актуальной, социально востребованной задачей.

#### **– Технологии промышленного получения пищевого белка.**

Человек традиционно получает белки, жиры и углеводы (основные компоненты пищи) из животных и растительных источников. Уже сегодня эти источники не покрывают все увеличивающиеся потребности человечества. Современные методы биотехнологий в сочетании с применением ультра- и нанофильтрационных систем делают экономически обоснованным извлечение пищевого белка из широкого класса сырьевых продуктов и отходов пищевой промышленности. Таким образом, комплекс мероприятий направлен на распространение технологий, превращающих малоценные отходы в белковые продукты и компоненты с высокой добавленной стоимостью.

#### **– Технологии промышленного получения ферментных препаратов.**

Ферменты, применяемые в пищевых производствах, являются продуктами с высокой добавленной стоимостью, в России практически не

производятся. Развитие данного направления позволит создать компактный по масштабам, но высокоэффективный сектор, являющийся с одной стороны базой развития всех направлений пищевой отрасли, направленных на глубокую переработку сырья, с другой стороны, производство пищевых ферментов обладает высоким экспортным потенциалом.

– **Пребиотики, пробиотики, синбиотики.**

Развитие производства и пищевого инжиниринга продуктов данной группы является необходимым элементом для формирования в России рынка здорового питания. Задачей данного комплекса мероприятий является создание пробиотических продуктов, расширение исследований и практики внедрения в ассортимент предприятий новых продуктов и комплексных решений.

– **Функциональные пищевые продукты, включая лечебные, профилактические и детские.**

Несбалансированность питания, обусловленная дефицитом питательных веществ, макро- и микроэлементов, незаменимых аминокислот и пр. является важной проблемой, с которой сталкивается современный человек. Поэтому в ассортименте выпускаемой пищевой продукции стали появляться новые «функциональные» и «обогащенные» продукты.

К функционально пищевым продуктам относят пищевые продукты систематического употребления, сохраняющие и улучшающие здоровье и снижающие риск развития заболеваний благодаря наличию в их составе функциональных ингредиентов. Они не являются лекарственными средствами, но препятствуют возникновению отдельных болезней, способствуют росту и развитию детей, тормозят старение организма. В соответствии с мировой практикой продукт считается функциональным, если регламентируемое содержание микронутриентов в нем достаточно для удовлетворения (при обычном уровне потребления) 25–50% от среднесуточной потребности в этих компонентах. Развитие направления является важной социальной задачей, снижающей нагрузку на сектор медицины и социально-экономический ущерб от болезней.

– **Пищевые ингредиенты, включая витамины и функциональные смеси.**

Пищевые ингредиенты используются для повышения питательной ценности, удлинения срока хранения, изменения консистенции и усиления вкуса и аромата продуктов. Используемые производителями пищевые ингредиенты, как правило, имеют растительное или бактериальное происхождение. Многие аминокислотные добавки, усилители вкуса и витамины, добавляемые в пищевые продукты, производятся с помощью бактериальной ферментации. В результате реализации комплекса мероприятий биотехнология должна обеспечить производителям пищевых

продуктов возможность синтеза большого количества пищевых добавок, которые в настоящее время слишком дороги либо малодоступны из-за ограниченности природных источников этих соединений.

– **Глубокая переработка пищевого сырья.**

Биотехнология предоставляет множество возможностей усовершенствования методов переработки сырья в конечные продукты: натуральные ароматизаторы и красители; новые технологические добавки, в том числе ферменты и эмульгаторы; заквасочные культуры; новые средства для утилизации отходов; экологически чистые производственные процессы; новые средства для обеспечения сохранения безопасности продуктов в процессе изготовления. Современные технологии глубокой переработки пищевого сырья строятся на принципах безотходного производства: продукты переработки либо возвращаются в производственный цикл, либо используются в других отраслях (прежде всего в производстве парфюмерно-косметических средств, фармацевтике, сельском хозяйственном производстве). Внедрение таких технологических схем в значительной степени обусловлено достижениями современной биотехнологии, сделавшей доступным и экономически обоснованным извлечение из пищевого сырья широкой гаммы новых продуктов.

Ферментативные процессы играют важную роль в производстве продуктов и дают возможность получить желаемые биохимические изменения, которые значительно улучшают органолептические показатели конечного продукта. В результате процесса ферментации повышается усвояемость продукта, он приобретает лучший вкус, повышается содержание витаминов, органических кислот и других полезных для человека веществ, уменьшается его токсикологическая и микробиологическая опасность. При этом в качестве субстрата используется различное сырье растительного и животного происхождения.

Применение разных технологий, начиная от примитивных до очень сложных, дает возможность получить большое разнообразие конечных продуктов как по количеству, так и по качеству. Из продуктов, полученных с помощью ферментирования, можно назвать хлеб, сыр, йогурт, кефир, квашеная капуста, грибы, а из напитков – алкогольные: пиво, водка, вина, бренди, виски; – безалкогольные: чай, кофе, какао, соки и др. Одни из этих ферментативных процессов остаются на уровне домашнего искусства, другие масштабированы, широко применяются и играют важную роль в вопросе национальной экономики.

Многие ферментативные процессы можно рассматривать как местные, характерные для данной страны или даже отдельного региона. Некоторые из них разработаны на заре истории человечества. В большинстве случаев эти процессы применялись без учета роли микроорганизмов. Мастера контролировали и направляли активность неосознанно, часто эмпирическими методами, тем не менее, получали высококачествен-



венный конечный продукт. Только сравнительно недавно роль и природа микроорганизмов в ряде этих процессов была изучена и оказалось, что некоторые ферментативные процессы относительно просты, другие настолько сложны, что для их расшифровки требуется участие специалистов разных направлений. Некоторые из старых испытанных биотехнологий, на которых держится промышленность пищевых продуктов, тщательно изучаются с целью определения возможности применения современных методов биотехнологии в производстве традиционных продуктов питания.

Молочные продукты. Технологии получения молочных продуктов, таких как простокваша, масло, сыр и др. пришли к нам из глубокой древности. В мире ферментированные молочные продукты составляют около 10 % от всех продуктов питания, полученных с применением ферментации. Основное количество молочных продуктов производится в зонах с большим количеством лактирующих животных. Европа – один из основных производителей таких продуктов. В настоящее время известно, что эти процессы протекают при участии группы микроорганизмов, называемых молочно-кислыми бактериями.

В прошлом ферментации протекали благодаря природным молочно-кислым бактериям, но затем было замечено, что если предварительно внести чистую стартовую культуру селекционированных бактерий, то получались лучшие результаты. Необходимо отметить, что технология с использованием молочно-кислых бактерий имеет ряд преимуществ благодаря следующим моментам:

1) молочнокислые бактерии ингибируют размножение нежелательных микроорганизмов, тем самым консервируя молоко;

2) они позволяют получить из молока высококачественный по вкусу и структуре молочный продукт;

3) эти бактерии оказывают положительное влияние на здоровье человека, находясь в его кишечнике. При росте и размножении в молоке молочно-кислые бактерии расщепляют лактозу до молочной кислоты. Однако могут протекать и другие реакции, зависящие от субстрата, типов добавок и способа ферментации. Это может приводить к образованию разных метаболитов, дающих различный вкус, и созданию большого разнообразия молочных продуктов, таких как йогурт, сметана, пахта, сыр и т.д.

**Сыр.** Одной из наиболее развитых отраслей пищевой промышленности является производство сыра, которое начинается с отделения казеина молока от его жидкой части (сыворотки). Различают более 900 различных типов сыра. Все они могут быть изготовлены из молока путем строгого контроля ферментации, тщательной селекции нужных микроорганизмов и внесения различных добавок. До открытия роли сычужка, содержащего химозин, кочевники для хранения и транспортировки молока

использовали желудки овец. При этом оно нагревалось на солнце и скисало под действием бактерий. Дополнительное действие ферментов желудочного сока приводило к изменению молока, оно разделялось на твердую часть и сыворотку. Твердая часть затем высушивалась, солилась и могла долго храниться, что является примером ранней разработки технологии для сохранения продукта питания.

В течение последнего десятилетия получены генетически модифицированные микроорганизмы, которые продуцируют химозин, идентичный химозину животных. Используя данный метод, ряд промышленных компаний производят чистый химозин, который получил распространение во всем мире.

**Йогурты.** Второй большой группой продуктов, получаемых из молока, являются йогурты. Они пользуются большим спросом у потребителей разных стран. В настоящее время известно, что живые бактерии, содержащиеся в йогурте, могут приносить большую пользу человеку, улучшая переваривание пищи и влияя на другие процессы.

**Ферментация овощей.** В различных частях мира для сохранения овощей и фруктов используют различные методы их обработки, например соление и квашение. В ряде стран широко используется процесс квашения для сохранения капусты и соления для огурцов и оливок. При квашении капусту нарезают и помещают в анаэробные условия с солью. Соль способствует извлечению сахаров из листьев капусты. В результате размножения молочнокислых бактерий образуется молочная кислота, происходит снижение pH, что предохраняет продукт от размножения в нем других нежелательных бактерий.

**Алкогольные напитки.** Алкогольные напитки распространены в мире во многих формах и видах. Имеется зависимость между типами напитков, производимых в различных регионах или странах, и выращиваемыми культурами. Так, в холодных регионах производят и потребляют пиво и крепкие алкогольные напитки, в то время как в теплых странах, – главным образом, вина, полученные из винограда. Алкогольные напитки и индустрия питьевого спирта во всем мире представляет одну из наиболее экономически стабильных секторов современной коммерции. Требования экономики и необходимость повышения конверсии сахара в спирт, увеличение выхода конечного продукта, улучшение старых и разработку новых технологий. Главной целью является получение заданного количества алкоголя в жидкости, снятой с ферментации.

Стартовым материалом обычно служит сахаросодержащий материал (фруктовые соки, мед и т.д.), а также вещества, содержащие крахмал (зерно, овощи-корнеплоды и т.д.), который необходимо гидролизовать, прежде чем использовать для ферментации. При инкубации этих субстратов с соответствующими микроорганизмами, включающими необходимые ферменты, конечный продукт будет содержать в жидкости

около 16 % или чуть больше спирта с кислым значением pH. Большинство питательных веществ, необходимых для контаминантов, в нем будут израсходованы. Эти факторы в какой-то степени обеспечивают биологическую стабильность и безопасность продукта.

Наиболее часто используемым для ферментации микроорганизмом являются дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* или одна из близких к нему форм. Они могут утилизировать простые сахара, такие как глюкоза и фруктоза, и превращать их в этанол.

**Пиво.** Компоненты, необходимые для получения пива, – это вода, зерно, дрожжи и хмель, от них будет зависеть сорт и качество пива. Зерно, обычно используемое для пивоварения, может быть двух видов: соложеное (это всегда ячмень) и сырое (это может быть кукуруза, пшеница и рис). Процесс пивоварения складывается из приготовления солода, пивного сусла и брожения. Применение традиционной генетики и генетической инженерии позволяет постоянно улучшать штаммы дрожжей, используемых в производстве пива.

**Кофе, чай и какао.** В Азии, Африке и Южной Америке безалкогольные ферментированные напитки кофе, чай и какао играют важную коммерческую роль. Чай получают благодаря активности ферментов, проявляемой после раздавливания листьев, в то время как при получении кофе и какао пульпа, окружающая зерна, удаляется путем ферментации бактериями, дрожжами и грибами, роль которых очень важна для создания вкуса и аромата. Ферментативные процессы, протекающие при этом, слабо изучены и остаются эмпирическими.

**Хлеб в различных его видах** – основной продукт ферментации зерновых, он был известен еще со времен Римской Империи. В Европе наиболее используемыми видами зерновых являются пшеница и рожь. При приготовлении хлеба полученная из них мука смешивается с водой или молоком, солью, жиром, сахаром и другими ингредиентами, а также с дрожжами *Saccharomyces cerevisiae*. В процессе ферментации тесто поднимается и занимает форму, в которой выпекают хлеб, благодаря образованию CO<sub>2</sub>. В увеличении объема теста, в частности пшеничного, большую роль играет эластичность белков клейковины.

Структура хлеба сильно зависит от жиров, эмульгирующих и окисляющих агентов, в то время как скорость выпекания (коммерчески важный показатель) зависит главным образом от жиров. Ферменты дрожжей также играют важную роль, например, добавление амилазы заметно влияет на качество хлеба и длительность его хранения.

Современные достижения генетики и генетической инженерии позволяют получить *Saccharomyces cerevisiae* с повышенной активностью, различные модифицированные ферменты, улучшающие вкус и структуру продукта. Однако до сих пор некоторые компании-производители не решаются использовать их для коммерческих целей.

В других частях мира для получения хлеба из кислого теста применяют дрожжи *Candida milleri* и бактерию *Lactobacillus sanfrancisco* для стадии ферментации, а на индийском субконтиненте используют *Streptococcus* и *Pediococcus* для ферментации муки зерновых и бобовых.

Биотехнология – одно из перспективных направлений науки, методы которой используют не только для повышения качества и биополюценности пищевых продуктов и кормов, но и для создания принципиально новых социально значимых продуктов с функциональными свойствами, а также для разработки способов, обеспечивающих стабильность продукции при хранении. Биотехнология позволяет повысить эффективность производств, основанных на процессах биокаталитической и микробной конверсии сельскохозяйственного сырья, создать современные биотехнологические комплексы переработки вторичных сырьевых ресурсов АПК. Научные изыскания в этом направлении стремительно развиваются, являясь теоретической базой прикладной биотехнологии в производствах пищевых ингредиентов, продуктов питания, кормов, лекарственных средств. На современном этапе проблема полноценного обеспечения пищевых потребностей населения может быть решена на основе использования качественно новых биотехнологических методов производства пищи с привлечением микроорганизмов.

### **3.3. Генетическая инженерия растений**

Главными факторами повышения продуктивности сельскохозяйственных растений до недавнего времени являлись усовершенствование агротехнических способов выращивания растений, создание более продуктивных сортов путем скрещивания, улучшение питания растений и защита урожая. Однако бесконтрольно увеличивать количество удобрений и ядохимикатов невозможно, так как это приведет к ухудшению экологической обстановки и сделает сельскохозяйственную продукцию опасной для здоровья. Генетическая инженерия открывает перед селекцией растений, главного направления повышения урожайности и качества сельскохозяйственных культур, новые перспективы, связанные с возможностью переноса в них генов от бактерий, грибов, растений с уникальными свойствами и даже животных. При этом получают трансгенные продукты с новыми свойствами, которые невозможно получить методами традиционной селекции и экспериментального мутагенеза.

Так, новые сорта сельскохозяйственных культур, полученные в результате изменения генетического аппарата клетки, устойчивы к неблагоприятным условиям (засуха, заморозки, болезни и вредители, засоление почв и т.д.), не портятся при транспортировке и долго сохраняют товарный вид, имеют повышенное по сравнению с традиционными

культурами содержание полезных для человека веществ и улучшенные вкусовые качества. Биоинженерами создан томат, в ДНК которого встроен ген арктической камбалы, что позволяет растению легко переносить холода. В ДНК хлопка внесены гены бактерии из рода *Bacillus*, которые кодируют эндотоксины, уничтожающие личинок бабочек в результате разрушения кишечника. Таким образом, растение убивает поедающих его личинок. Первым трансгенным растением, прошедшим полевые испытания, стал картофель, синтезирующий инсектицид против колорадского жука, полученный фирмой «Монсанто».

В начале 2000-х гг. швейцарскими учеными был разработан новый сорт риса – «золотой рис», в геном которого введены гены, ответственные за синтез бета-каротина, и гены, способствующие увеличению синтеза железа в зернах. Эта технология может рассматриваться как перспективная для борьбы с голодом и авитаминозами в странах Юго-Восточной Азии, где рис традиционно является основным продуктом питания. В 2009 г. испытания показали, что каротин «золотого риса» эффективно перерабатывается в организме человека в витамин А. В 2019 г. «золотой рис» допустили к выращиванию в США, Канаде и на Филиппинах.

Сегодня более 100 линий генетически измененных растений допущено к промышленному производству. Среди наиболее распространенных культур – соя, кукуруза, рапс, хлопчатник, свекла, томаты, картофель. При допуске к производству генетически модифицированные растения проходят дорогостоящие и длительные процедуры определения уровня безопасности для человека и окружающей среды. Следует отметить, что сорта, полученные методами традиционной селекции никак не проверяются. Стоимость разработки и вывода на рынок трансгенного растения достигает нескольких сотен миллионов долларов. К процедурам проверки относятся определение соответствия химического состава ГМ-продуктов традиционным аналогам; обследование на наличие токсинов, канцерогенов, мутагенных веществ, на отсутствие аллергических реакций на белки – продукты вставленных генов; исследование органолептических свойств; определение незадаанных эффектов генетически измененных продуктов. Затем определяют степень воздействия ГМ-продуктов на защитные системы организма и отдаленные генетические последствия их применения на модельных организмах с быстрой сменой поколений (мыши, крысы), прежде чем выпустить продукт на рынки производят испытания на добровольцах.

Упрощенно механизм генетической модификации живых организмов выглядит следующим образом. Для переноса рекомбинантной ДНК служат векторы – плазмиды и бактериофаги. Плазмиды – это часть генома бактериальной клетки, внехромосомный генетический элемент в виде кольцевых молекул ДНК. Вставка чужеродной ДНК в плазмиду

производится с помощью определенного фермента (рестриктазы), затем модифицированную векторную плазмиду вводят в соматическую клетку с помощью химических реагентов, повышающих проницаемость клеточной оболочки. Вставка донорного гена в исходный ген приводит к инактивации последнего.

Затем с помощью специальных методов отбора отделяют трансформированные клетки, т.к. на каждую тысячу клеток приходится только одна трансформированная.

Использование бактериофагов в качестве носителей генетической информации основано на встраивании рекомбинированного гена в геном вируса и последующей репликации с генами вируса при размножении в инфицированной клетке-хозяине.

Успешному применению технологии синтеза гибридных ДНК для получения новых сортов сельскохозяйственных культур способствует открытие и применение фитогормонов, регулирующих рост и развитие растений; разработка методов культивирования клеток и тканей растений на искусственных питательных средах, что позволяет выращивать клетки и ткани в стерильных условиях и производить их отбор. Еще одним вспомогательным методом генной инженерии является регенерация целых растений из соматических растительных клеток.

Регулярно возникают все новые мифы о вреде генетически модифицированных растений для человека и окружающей среды, в которых говорится о создании монстров и которые навевают ужас. Но ведь методы традиционной селекции также предполагают изменение генома растения или животного, что ведет к появлению новых, полезных в хозяйстве человека качеств. Многие из характеристик культурных растений появились в фенотипе как результат случайной межвидовой гибридизации и лишь потом были замечены человеком и стали культивироваться.

### **3.4. Роль методов и средств биотехнологии в повышении качества жизни человека**

В XXI веке главной ценностью цивилизованного общества, безусловно, становится человек, а вопросы его здоровья занимают приоритетное место в социальной сфере развитых государств. Мировая система здравоохранения постепенно улучшается благодаря научному прогрессу, и свидетельство этого – растущая продолжительность жизни населения Земли и большие успехи в борьбе с рядом инфекционных заболеваний; развитие и широкое распространение прогрессивных методов медицины позволяет проводить виртуозные хирургические операции, сохраняя и даже улучшая качество жизни выздоровевшего человека.

В настоящее время широкое распространение в современной медицине, наряду с традиционными, получили такие высокотехнологичные методики, как нанотехнологии, использование стволовых клеток и создание генно-терапевтических препаратов.

Под генотерапией в современной медицине понимается способ лечения заболеваний путем введения в ткани или клетки больного чужеродной генетической информации. В итоге можно направленно добиться изменения генных дефектов или придания клеткам новых функций. Изначально предполагалось, что генотерапия будет использоваться как средство лечения только наследственных заболеваний на генетическом уровне, т.е. на уровне молекулы ДНК. Однако на данном этапе своего развития генотерапия включает в себя также лечение вирусных инфекций – в клетки вводятся полноценные функционально активные гены или последовательности ДНК, которые способны регулировать активность генов. Следовательно, суть генной терапии в том, чтобы направлено воздействовать непосредственно на генетическую причину заболевания, а не на ее последствия.

Действие генно-терапевтических препаратов основано на возможности влиять на болезни генов путем их переноса в клетки организма больного. Генный материал может попадать в организм с помощью вирусных векторов или невирусных систем, а также в виде генетически модифицированных в лабораторных условиях клеток, например, донорских стволовых клеток пуповинной крови.

Первое клиническое исследование генной терапии было проведено 14 сентября 1990 г. в Национальном институте здоровья (НИИ) под руководством Вильяма Андерсона (США). Четырехлетняя пациентка получила успешное лечение от тяжелого генетического дефекта сложного комбинированного иммунодефицита, связанного с недостатком фермента катаболизма аденозина.

Реализация программы создания препаратов для генной терапии проходит также и в России. Наши достижения в основном связаны с разработкой лекарственных средств для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. Так, успешное начало было положено в НЦССХ им. А. Н. Бакулева и Института биологии гена РАН, где в 2002 году были проведены клинические исследования эффективности генного препарата «Ангиостимулина» на основе плазмидной конструкции, содержащей ген человека. В результате отмечено значительное улучшение по сравнению с дооперационной картиной у 100% пациентов.

Таким образом, создание специфических препаратов для генотерапии сейчас находится в активной стадии развития, однако для доказательства эффективности препаратов все еще не проведено достаточно клинических исследований, и, по-прежнему, остро стоит проблема разработки критериев оценки безопасности применения подобных лекарственных средств.

Нанотехнологии в последнее время довольно активно используются в различных сферах человеческой деятельности. В медицине макромолекулы и искусственно приготовленные частицы применяются и для диагностики, и для лечения различных заболеваний, помогают восстанавливать поврежденные ткани. Выделяют пять основных областей применения нанотехнологий в медицине: доставка активных лекарственных веществ, новые методы и средства лечения на нанометровом уровне, диагностика *in vivo*, диагностика *in vitro*, медицинские имплантаты.

В настоящее время широко используется биологически полностью совместимый с живыми тканями титан, из которого изготавливаются протезы тазобедренных, коленных, челюстных и других суставов, пластин и спиц для костного сращения, винтов для фиксации позвоночника и т.п. Нелегированный титан обладает невысокими механическими свойствами. Методы интенсивной пластической деформации позволяют измельчить титан до зерен размером 100–200 нм, что в 2–3 раза повышает его механические свойства. В хирургии, травматологии и стоматологии находят применение материалы с памятью формы, например, никелид титана TiNi, из которого изготавливаются рабочие поверхности эндоскопов, фиксаторы и скобы для суставов, экстракторы для извлечения камней из мочеточников. Изменение формы этих инструментов осуществляется за счет температуры человеческого организма или при воздействии электрическим током. На рис. 3.1 приведены изображения имплантатов из наноструктурного титана.

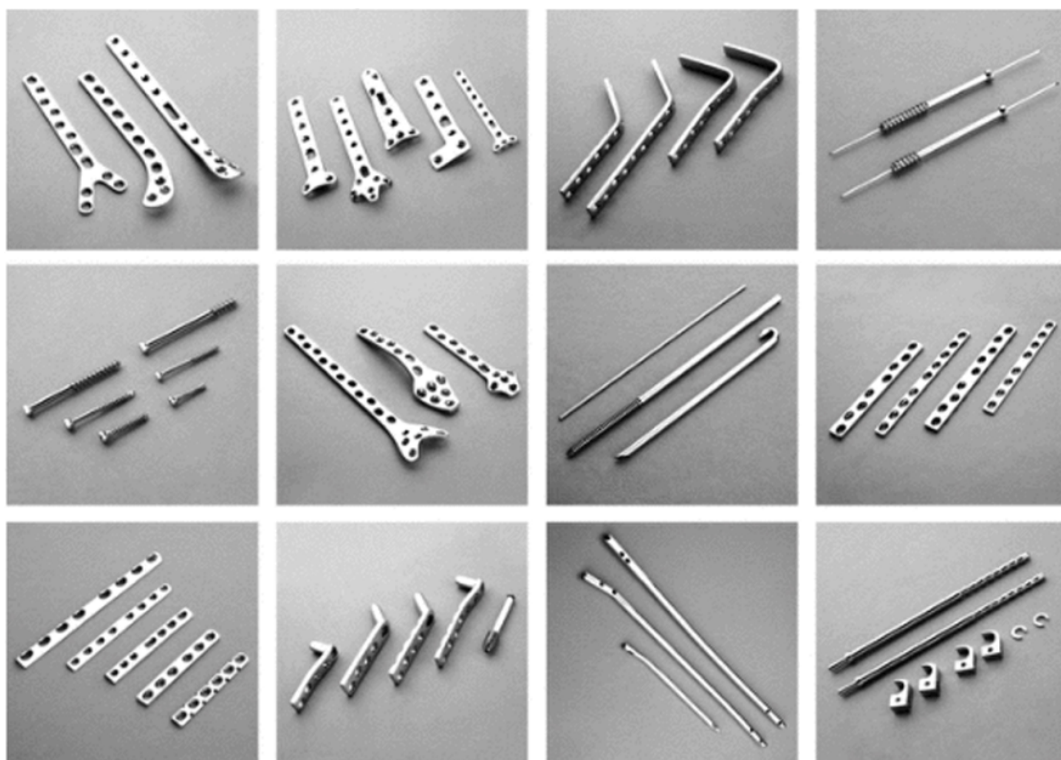


Рис. 3.1. Имплантаты из наноструктурного титана для остеосинтеза



В 1960-х годах были получены липосомы, состоящие из одной ламеллы (пластинки) с диаметром от 20 до 50 нм, способные доставлять в выбранный орган лекарственное средство (рис. 3.2). Исходный материал для них – различные полимеры (полисахариды, полиакрилаты, полимолочная кислота и др). Полимерные наночастицы – это два различных вида частиц – наносферы и нанокапсулы. Наносферы – это сплошные полимерные матрицы, на которых распределяется активное вещество, а нанокапсулы состоят из полимерной оболочки, охватывающей наполненную жидкостью полость. Эти виды различаются по механизму высвобождения активного лекарственного вещества: из наносфер высвобождение протекает по экспоненте, а из нанокапсул – в течение длительного времени.

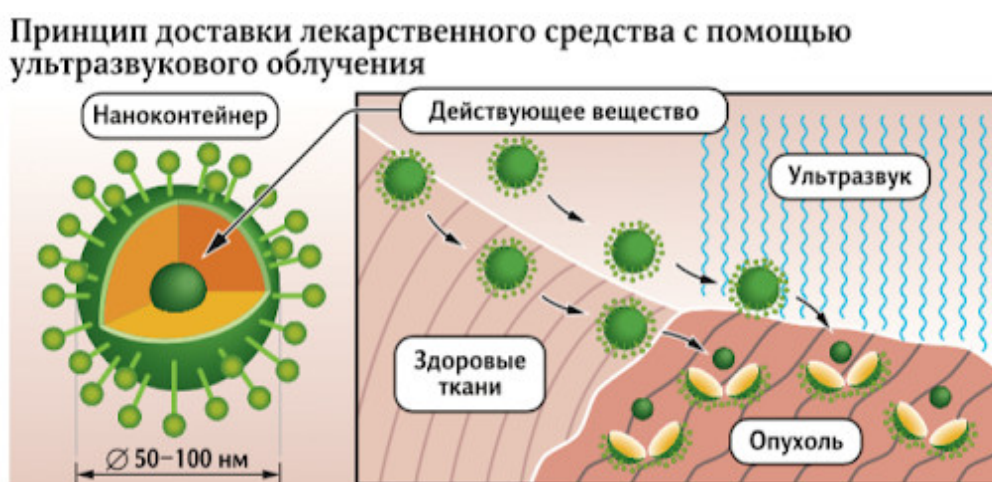


Рис. 3.2. Принцип доставки лекарственного средства наночастицами

Однако, несмотря на высокий потенциал эффективности систем доставки активных веществ, безопасность стабильных наночастиц все еще вызывает у исследователей сомнения. Поэтому разработки в этой сфере постоянно продолжаются, создаются новые соединения полимеров с активными веществами, полимерные мицеллы, неорганические наночастицы, твердые липидные наночастицы, фуллерены. На основе последних разрабатываются препараты для доставки лекарственных средств для лечения ВИЧ-инфицированных и онкологических больных. Широко известны среди нанофармацевтических препаратов два: полимер-протеиновый конъюгат «Пегасис» для лечения гепатита С и «Нейласта» для терапии нейтропении.

Также нанометровые молекулы могут выполнять службу непосредственно в качестве активных веществ, например, дендримеры – разветвленные молекулы, достигающие размера мелких протеинов. Их главное преимущество в сравнении с полимерными молекулами состоит в том, что их можно запрограммировать для определенного медицинского

применения. В качестве примера создания активного вещества на основе дендримера можно привести препарат «Vivigel» – специальный гель, способный защитить от ВИЧ-инфекции.

Существует и такая разновидность лечения, как термотерапия наночастицами – их вводят в раковую опухоль, а затем за счет воздействия магнитного поля или лазерного облучения нагревают, при этом опухолевые клетки разрушаются. Сегодня в данном направлении работает целый ряд компаний в Европе и США.

Диагностика *in vivo* основана на передаче визуальной информации о молекулярных структурах – ее еще называют молекулярной визиографией. Используется тот же принцип, что и при традиционных методах получения изображений (радиографии, УЗИ и т.д.) с другим контрастным веществом и специальными медицинскими приборами. Контрастное вещество для такой диагностики состоит из наночастиц, соединенных с визуализирующими компонентами, способными отыскать цель. Контраст вводится в кровеносное русло и взаимодействует с целевыми структурами на поверхности больной клетки, а затем визуализированную информацию остается только «считать». В клиническую практику на данный момент уже внедрены простые контрастные вещества, состоящие из наночастиц окиси железа – особенно широко они применяются при диагностике заболеваний печени. Такое контрастное вещество было разработано компанией Schering.

Нанотехнологии в диагностике *in vitro* развиваются в двух направлениях:

1. Использование наночастиц как маркеров биологических молекул;
2. Применение инновационных нанотехнологий способов измерения.

В США были разработаны диагностические тесты, способные выявить онкологические заболевания, болезнь Альцгеймера и муковисцидоз, а в Германии был разработан прибор для диагностики инфекционных заболеваний, заражения крови, воспаления легких, болезней мочеполовых путей – диагностическая система Quicklab – небольшой электронный прибор с биочипом с нанометровыми электродами.

Что касается применения нанотехнологий в имплантологии – ряд фирм уже давно работает с нанокристаллическими материалами и покрытием поверхности имплантатов гидроксилатапитом. Такие имплантаты успешно применяются для лечения костных дефектов – благодаря нанокристаллической структуре искусственный материал практически включается в саму кость. Для увеличения продолжительности функционирования и стабильности имплантатов используется нанокристаллическое алмазное покрытие.

Таким образом, сегодня фундамент применения нанотехнологий закладывается практически во всех областях медицины.

### *Вопросы к семинару*

1. Назовите приоритетные направления развития мировой и отечественной биотехнологии. Какие проблемы можно разрешить, используя методы биотехнологии?

2. Что может являться объектом биотехнологии?

3. Приведите доводы в пользу применения генетически модифицированных растений.

4. Укажите возможные негативные последствия распространения трансгенных растений в сельском хозяйстве.

5. Перечислите биотехнологические процессы в производстве пробиотиков.

6. Расскажите о применении полимерных материалов в биотехнологии и медицине.



## Глава 4. СОВРЕМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Знания в области материаловедения необходимы для современного дипломированного специалиста в различных областях деятельности. материаловедение служит базой для изучения многих специальных дисциплин; получение, разработка новых материалов, способы их обработки являются основой современного производства.

Таблица 4.1

### Классификация материалов

Классификация материалов																		
Металлы						Неметаллические материалы												
Черные металлы			Цветные металлы			Природные материалы			Искусственные материалы									
Железные металлы (Fe, Co, Ni, Mn)	Тугоплавкие металлы (Ti, W, V, Cr, Mo)	Урановые металлы (актиний, актиноиды)	Редкоземельные металлы (лантаноиды)	Щелочные и щелочноземельные металлы (Li, Na, Ca)	Легкие металлы (Al, Mg, Be)	Легкоплавкие металлы (Zn, Sn, Pb)	Благородные металлы (Au, Ag, Pt)	Дерево, целлюлоза	Природный графит	Асбест	Слюда	Пластмассы	Композиционные материалы	Герметики и клеи	Резины и каучуки	Лаки и краски	Стекло	Керамика

*Материаловедение* – это наука, которая изучает связь между составом, строением и свойствами материалов, а также их изменения при различных внешних воздействиях. Основная задача материаловедения – поиск оптимального состава и способа обработки материалов для придания им заданных свойств.

*Материал* – это вещество, обладающее комплексом свойств, необходимых для выполнения некоторой функции. Одно и то же вещество

может функционировать как разный материал (например, графит и графитовые волокна).

Материалы можно разделить на две группы: металлические и неметаллические (см. табл. 4.1).

#### 4.1. Металлы и сплавы с особыми свойствами

**Металлы** (от лат. metallum – шахта, рудник) – это группа простых веществ, обладающих характерными металлическими свойствами, такими, как высокие тепло- и электропроводность положительный температурный коэффициент сопротивления, высокая пластичность, ковкость и металлический блеск.

Если провести условную линию от химического элемента бора (порядковый номер 5) к химическому элементу астату (порядковый номер 85), то в длинном варианте Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева над линией расположены неметаллические элементы, а под ней – металлические. В коротком варианте Периодической Системы под этой линией расположены неметаллические элементы, а над ней – как металлические, так и неметаллические элементы. Поэтому определять, является элемент металлическим или неметаллическим, удобнее по длинному варианту Периодической системы.

Металлы делятся на две большие группы – черные и цветные (табл. 4.1, рис. 4.1).

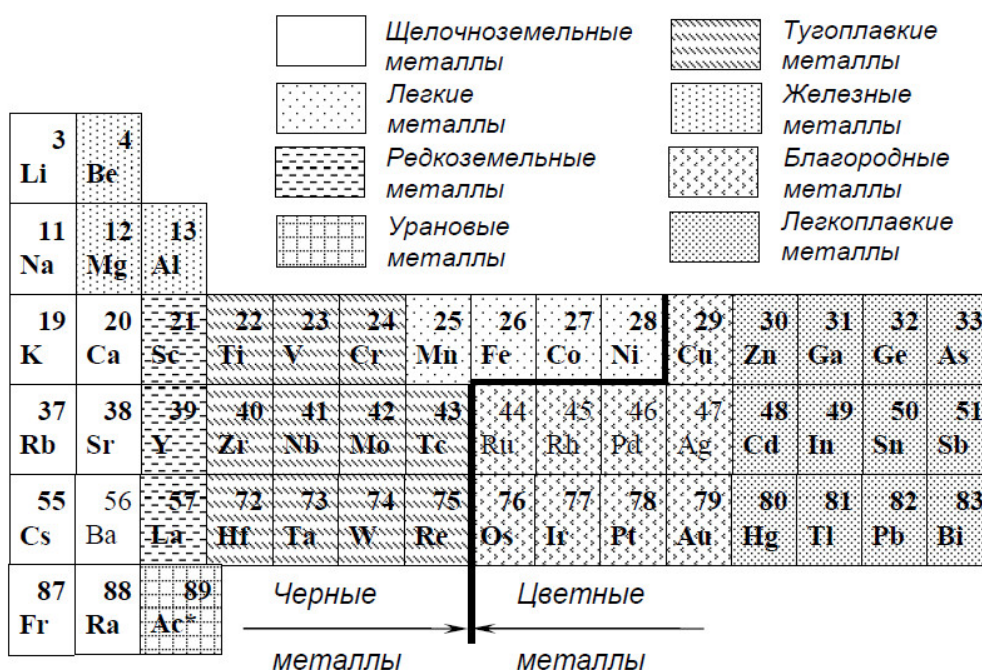


Рис. 4.1. Классификация металлов периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева

Кобальт, никель, марганец применяют в качестве добавки к сплавам железа, а также используют как основу для соответствующих сплавов, сходных по своим свойствам на высоколегированные стали.

*Высоколегированная сталь*, кроме основных составляющих – железа и углерода, также содержит в своем составе ряд дополнительных добавок, их общее количество превышает 10 %.

Титан, вольфрам, хром, молибден, имеющие температуру плавления выше, чем температура плавления железа ( $T_{пл.} > 1538,85 \text{ }^\circ\text{C}$  или 1812 К), применяют в качестве добавки к легированным сталям, а также как основу для соответствующих сплавов.

*Легированная сталь* – сталь, которая кроме обычных примесей, содержит элементы, специально вводимые в определенных количествах для обеспечения требуемых физических или механических свойств. Такие элементы называют легирующими. Легирующие добавки повышают прочность, коррозионную стойкость стали, снижают опасность хрупкого разрушения.

Актиний и актиноиды имеют преимущественное применение в сплавах для атомной энергетики.

Такие металлы как лантан, церий, неодим и др., носящие название лантаноиды, обладают близкими химическими свойствами, но различными физическими. Их используют в качестве присадки к сплавам других элементов.

*Присадка* – это компонент, который добавляется к сплавам в небольших количествах для улучшения их эксплуатационных свойств.

Литий, натрий, кальций и др. щелочные и щелочноземельные металлы в свободном металлическом состоянии не применяются.

Бериллий, магний, алюминий обладают малой плотностью. Серебро, золото, металлы платиновой группы обладают высокой устойчивостью против коррозии. Цинк, олово, свинец относят к легкоплавким металлам.

В твердом состоянии металлы обладают свойствами:

- а) высокой электро- и теплопроводностью;
- б) положительным температурным коэффициентом электросопротивления (*температурный коэффициент электрического сопротивления* – это величина, равная отношению изменению электрического сопротивления участка электрической цепи или удельного сопротивления вещества при изменении температуры на единицу);
- в) *термоэлектронной эмиссией* – способностью испускать электроны при нагреве;
- г) хорошей отражательной способностью;
- д) повышенной способностью к пластической деформации.

Перечисленные свойства металлов обусловлены их электронным строением. *Металлическая связь* – это электронная связь атомных ядер с минимальной локализацией обобществленных электронов как на от-

дельных (в отличие от ионной связи) ядрах, так и на отдельных (в отличие от ковалентной связи). Таким образом, это многоцентровая химическая связь с дефицитом электронов, в которой обобществленные электроны (в виде «электронного газа») обеспечивают связь с максимально возможным числом ядер (катионов), образующих структуру жидких или твердых металлических веществ. Поэтому металлическая связь не направлена и насыщена.

Правильное регулярное расположение атомов в твердом теле, характеризующееся периодической повторяемостью в трех измерениях, образует *кристаллическую решетку*, а тела, имеющие кристаллическую решетку, называют *твердыми телами*. *Металлы являются телами кристаллическими*.

Наиболее простой кристаллической решеткой у металлов является кубическая решетка, имеющая две разновидности: *кубическую объемно-центрированную (ОЦК)* и *кубическую гранецентрированную (ГЦК)*. У этих решеток основу ячеек составляют восемь атомов, образующих куб и находящихся в его вершинах (рис. 4.2).

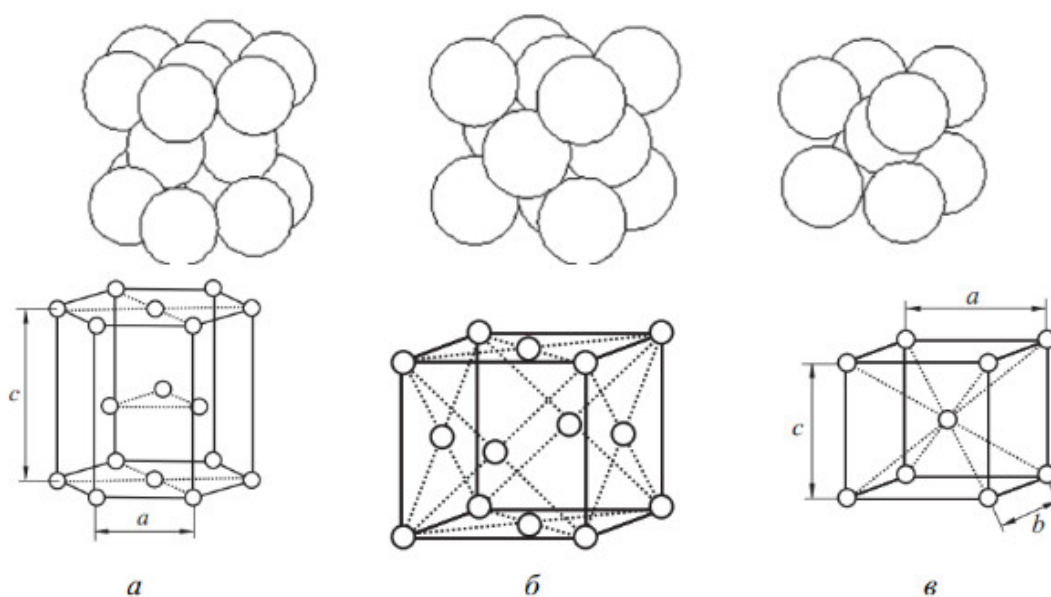


Рис. 4.2. Кристаллические решетки:

- а) гексагональная плотноупакованная, б) кубическая гранецентрированная, в) кубическая объемно-центрированная

Остальные атомы находятся в центре объема куба (один атом на пересечении диагоналей в решетке ОЦК) или в центре каждой из его граней (шесть атомов в решетке ГЦК). *Гексагональная плотноупакованная решетка* – другая разновидность кристаллических решеток – представляет собой шестигранную призму с центрированными основаниями, между которыми на некотором расстоянии от центров трех граней

расположены еще три атома (рис. 4.2). Такую решетку имеют магний, бериллий, цинк и другие металлы. Альфа-железо, хром, ванадий, вольфрам и другие металлы имеют кристаллические решетки типа ОЦК. Решетку ГЦК имеют гамма-железо, медь, никель, алюминий и другие металлы.

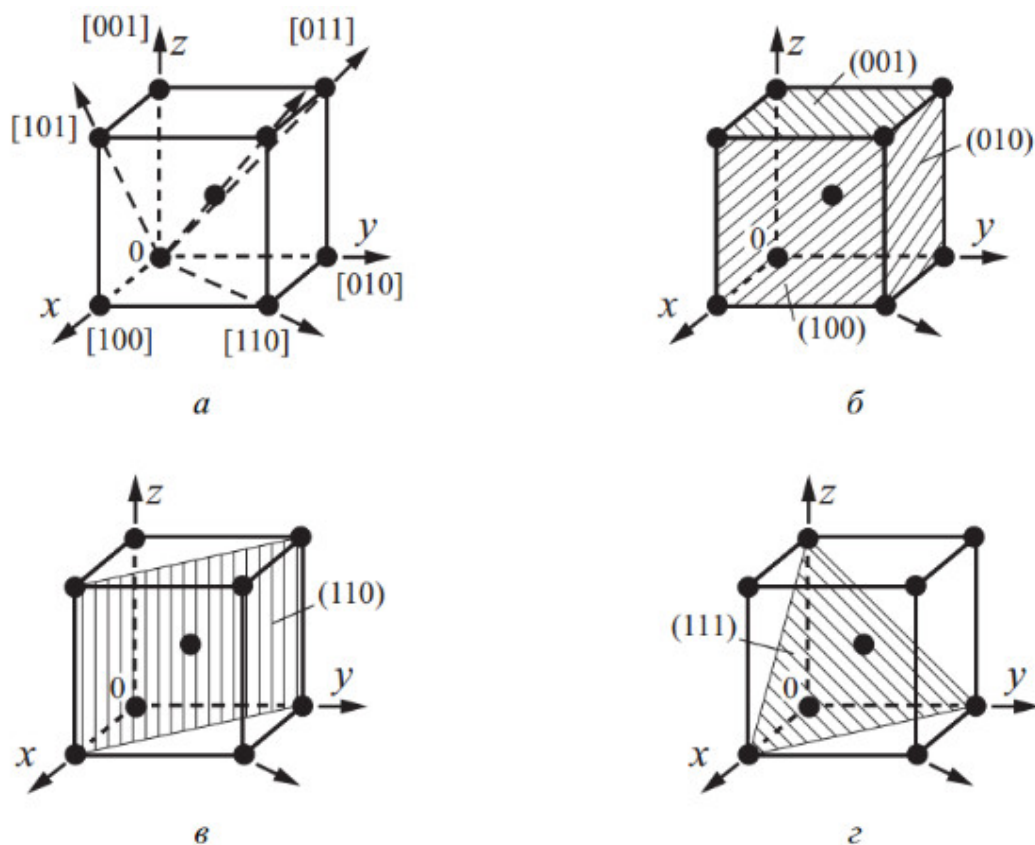


Рис. 4.3. Основные кристаллографические направления (а) и плоскости (б, в, г) в кубической объемно-центрированной решетке

Плоскости, параллельные координатным плоскостям и находящиеся на расстоянии  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , разбивают кристалл на множество параллелепипедов, равных и параллельно ориентированных. Наименьший параллелепипед называют *элементарной ячейкой*. Вершины параллелепипеда называют *узлами пространственной решетки*. Размер элементарной ячейки оценивают отрезками  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – *периодами решетки*. Дополнительные характеристики кристаллической решетки:

- *координационное число  $K$*  – это число ближайших равноудаленных частиц (атомов) от любого атома в кристаллической решетке (для ОЦК –  $K=8$ , для ГЦК –  $K=12$ );
- *коэффициент компактности* – это отношение объема всех частиц, приходящихся на одну элементарную ячейку, ко всему объему элементарной ячейки (для ОЦК –  $0,68$ , для ГЦК –  $0,74$ ).



Упорядоченность расположения атомов в кристаллической решетке позволяет выделить кристаллографические направления и плоскости, которые принято обозначать индексами Миллера (рис. 4.3 и 4.4).

*Кристаллографические направления* – это лучи, выходящие из какой-нибудь точки отсчета, вдоль которых на определенном расстоянии друг от друга располагаются атомы.

*Кристаллографические плоскости* – это плоскости, на которых лежат атомы, например, грани куба или его диагональной плоскости.

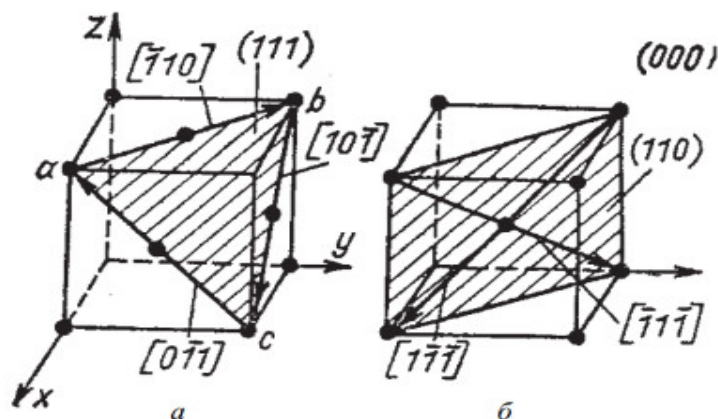


Рис. 4.4. Обозначение кристаллографических плоскостей куба и различных кристаллографических направлений: а – кубическая гранецентрированная решетка, б – кубическая объемно-центрированная решетка

Необходимо отметить, что строение реальных кристаллов отличается от идеальных. В реальных кристаллах всегда содержатся дефекты, которые подразделяются на *точечные*, *линейные*, *поверхностные* и *объемные*.

Вакансии, межузельные атомы основного вещества, чужеродные атомы внедрения – это самые простые точечные дефекты (рис. 4.5).

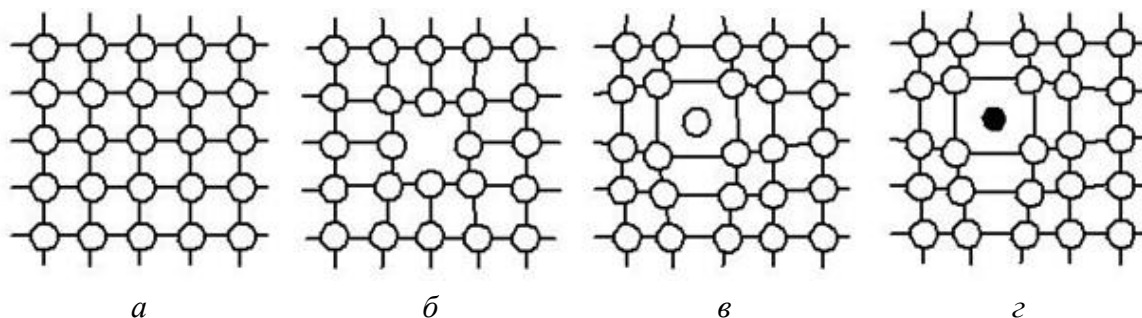


Рис. 4.5. Точечные дефекты в кристаллической решетке: а – идеальная кристаллическая решетка, б – вакансия, в – межузельный атом, г – примесный атом внедрения

*Вакансия* – это пустой узел кристаллической решетки (рис. 4.5, б). *Межузельный атом* – это атом, перемещенный из узла в позицию между узлами (рис. 4.5, в). Вакансии являются важными точечными дефектами,

которые ускоряют процессы перемещения атомов (диффузия, спекание порошков и др.). *Атомы внедрения* – это атомы примесного элемента, находящиеся в междоузлиях кристаллической решетки (рис. 4.5, г). Все виды точечных дефектов искажают кристаллическую решетку и влияют на физические свойства металла (например, электропроводность, магнитные свойства), а также на фазовые превращения в металлах и сплавах.

Линейные несовершенства имеют малые размеры в двух измерениях и большую протяженность в третьем измерении. Важные виды линейных несовершенств – *краевые и винтовые дислокации*. Образуются дислокации в результате локальных или местных смещений кристаллографических плоскостей, происходящих в кристаллической решетке зерен на различных технологических этапах их формирования. Дислокации служат местом концентрации примесных атомов. Примесные атомы образуют вокруг дислокации зону повышенной концентрации, которая мешает движению дислокаций и упрочняет металл.

Наиболее важные поверхностные дефекты: большеугловые и малоугловые границы (рис. 4.6), дефекты упаковки, границы двойников.

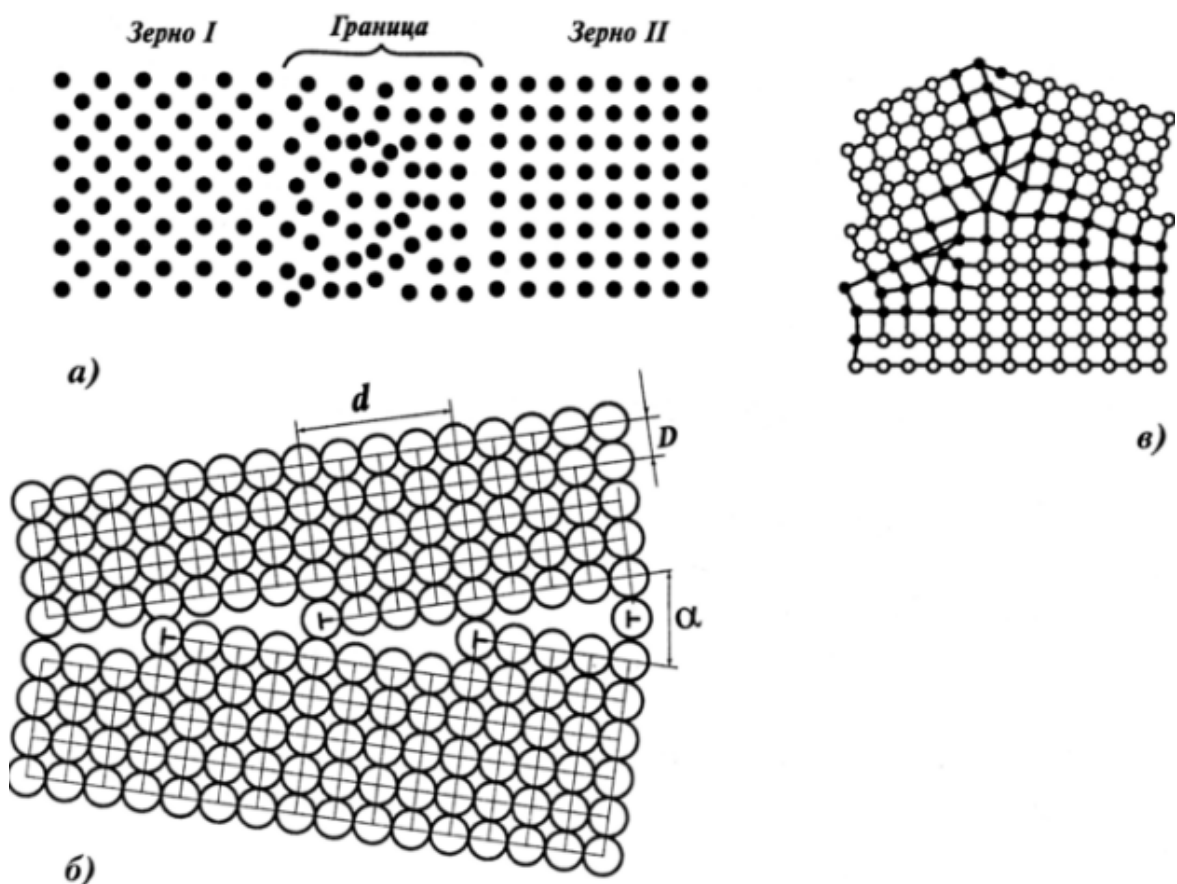


Рис. 4.6. Схема строения границы между зернами: а – большеугловая граница, б – малоугловые границы ( $\alpha$  – угол разориентировки соседних блоков), в – схема поликристаллического строения

*Дефект упаковки* – это часть атомной плоскости, ограниченная дислокациями, в пределах которой нарушен нормальный порядок чередования атомных слоев.

*Двойникование* – это симметричная переориентация областей кристаллической решетки. Решетка внутри двойниковой прослойки является зеркальным отображением решетки в остальной части кристалла.

*Объемные дефекты* – пустоты, поры, трещины, включения – имеют значительные размеры во всех трех направлениях.

*Сплавы* – важные вещества, получаемые сплавлением или спеканием двух или нескольких элементов периодической системы, называемых *компонентами*.

Сплав считают металлическим, если его основу (более 50 % по массе) составляют металлические компоненты. Необходимо отметить, что сплавы обладают более высокими прочностными и другими механическими свойствами по сравнению с чистыми металлами. Характер взаимодействия компонентов при сплавлении зависит от их положения в таблице химических элементов Д. И. Менделеева, особенностей строения электронных оболочек их атомов, типов и параметров их кристаллических решеток, соотношения температур их плавления, атомных диаметров и других факторов.

При сплавлении компоненты могут образовать смесь зерен с ничтожно малой взаимной растворимостью, неограниченно или частично растворяться друг в друге, а также могут образовать химическое соединение.

*Смесь* образуется при взаимодействии компонентов, не способных к взаимному растворению в твердом состоянии и не вступающих в химическую реакцию с образованием соединения (рис. 4.7). В данном случае сплав состоит из чистых зерен обоих компонентов, которые сохраняют присущие им типы кристаллических решеток и прочностные свойства. При этом механические свойства зависят от количественного соотношения компонентов, от размеров и формы зерен и соединения их границ.

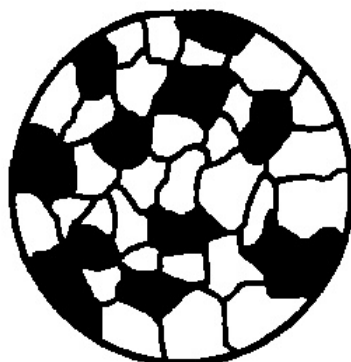


Рис. 4.7. Микроструктура смеси (схема)

*Химическое соединение* – зерна со специфической кристаллической решеткой, отличной от решеток обоих компонентов. При образовании химического соединения соотношение чисел атомов элементов соответствует стехиометрической пропорции, что выражается формулой  $A_nB_m$  – связь между атомами в них сильнее и жестче металлической. Диаграммы состояния для таких сплавов имеют сложное строение (рис. 4.8) и представлены для большинства таких систем в справочных базах данных.

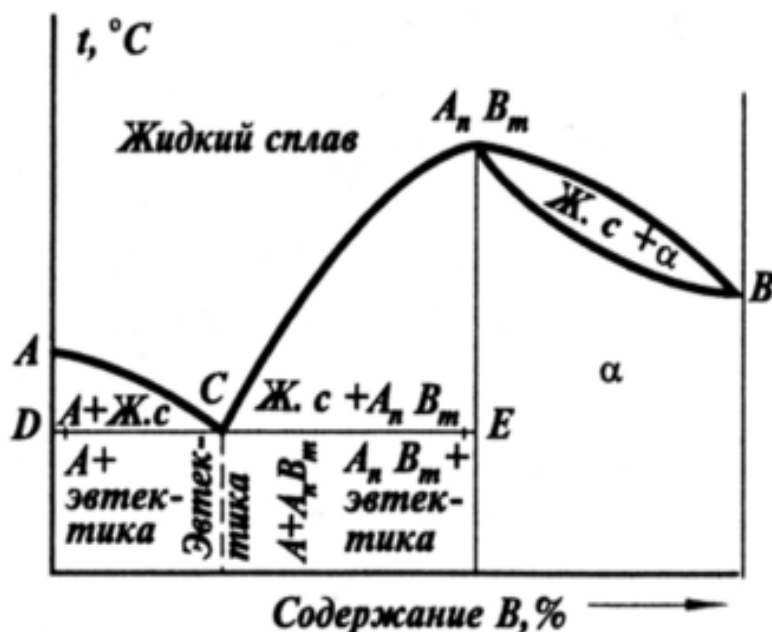


Рис. 4.8. Диаграмма состояния сплавов для случая образования химического соединения

*Твердый раствор* образуется при растворении компонентов друг в друге, является однофазным, состоит из одного вида кристаллов, имеет одну кристаллическую решетку и существует в интервале концентраций (рис. 4.9). При образовании твердого раствора сохраняется решетка одного из компонентов, который называется *растворителем*. Атомы *растворенного вещества* искажают и изменяют средние размеры элементарной ячейки растворителя.

Конкретную марку стали, цветного металла можно найти при помощи *марочника сплавов*, в котором перечислены основные марки стали, марки чугуна, марки алюминия и других широко используемых в производстве металлов и их сплавов.

Рассмотрим основы расшифровки марок. Буквами принято обозначать химические элементы, входящие в состав марки или сплава. Например, буквой Х – обозначают хром, Н – никель, К – кобальт, М – молибден, В – вольфрам, Т – титан, Д – медь, Г – марганец, С – кремний,

Ф – ванадий, Р – бор, А – азот, Б – ниобий, Е – селен, Ц – цирконий, Ю – алюминий, Ч – показывает о наличии редкоземельных металлов. Также существуют свои обозначения для разных типов сталей в зависимости от их состава и предназначения.

Буквенные обозначения применяют для указания способа раскисления стали: КП – кипящая сталь, ПС – полуспокойная сталь, СП – спокойная сталь.

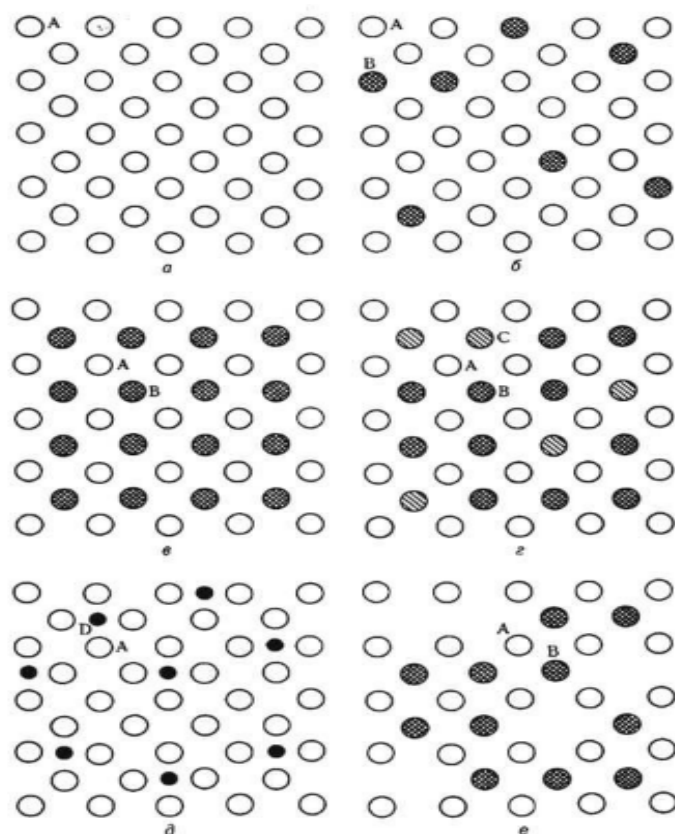


Рис. 4.9. Схемы расположения атомов в твердых растворах:  
 а – чистый элемент А; б – твердый раствор замещения элемента В в элементе А;  
 в – химическое соединение АВ; г – твердый раствор замещения химического соединения АС в химическом соединении АВ; д – твердый раствор внедрения элемента D в элементе А; е – твердый раствор вычитания на базе химического соединения АВ. ○ – А; ⊗ – В; ⊘ – С; ● – D

*Раскисление металлов* – процесс удаления из расплавленных металлов (главным образом, стали и других сплавов на основе железа) растворенного в них кислорода, который является вредной примесью, ухудшающей механические свойства металла.

Конструкционные стали обыкновенного качества нелегированные обозначают буквами Ст. (например, Ст3). Цифра, стоящая после букв, условно обозначает процентное содержание углерода в стали (в десятых долях). Конструкционная низколегированная 09Г2С расшифровывается

как сталь, углерода в которой около 0,09% и содержание легирующих компонентов марганца, кремния и других, составляет в сумме менее 2%.

Качественные стали – для производства паровых котлов и сосудов высокого давления, обозначают как конструкционные нелегированные стали, с добавлением буквы К (например, 20К). Литейные конструкционные стали обозначают как качественные и легированные, но в конце наименования ставят букву Л (например, 35ХМЛ). Стали строительные обозначают буквой С и цифрами, соответствующими минимальному пределу текучести стали. Дополнительно применяют обозначения: Т – термоупрочненный прокат, К – повышенная коррозионная стойкость (например, С345Т; С390К). Аналогично буквой Д обозначают повышенное содержание меди (например, С375Д). Стали инструментальные нелегированные, делят на качественные, обозначаемые буквой У и цифрой, указывающей среднее содержание углерода (например, У7) и высококачественные, обозначаемые дополнительной буквой А в конце наименования (например, У12А) или дополнительной буквой Г, указывающей на дополнительное увеличение содержания марганца (например, У8ГА). Стали быстрорежущие имеют букву Р, затем следует цифра, указывающая среднее содержание вольфрама (например, Р18), затем следуют буквы и цифры, определяющие массовое содержание элементов (например, сталь Р6М5). Цифра 5 показывает долю молибдена в этой марке. Содержание хрома не указывают, так как оно составляет стабильно около 4% во всех быстрорежущих сталях и углерода, последнее всегда пропорционально содержанию ванадия.

Сталь электротехническая нелегированная АРМКО, как ее еще называют: технически чистое железо (например, 10880; 20880). Такие марки содержат минимальное количество углерода, менее 0,04%, из-за чего имеют очень малое удельное электрическое сопротивление. Первая цифра указывает на вид обработки (1 – кованный или горячекатаный, 2 – калиброванный). Вторая цифра 0 говорит, что сталь нелегированная, без нормируемого коэффициента старения; 1 с нормируемым коэффициентом старения. Третья цифра указывает на группу по основной нормируемой характеристике. Четвертая и пятая – количество значения основной нормируемой характеристики.

Алюминиевые сплавы маркируются следующим образом: марки литейных сплавов имеют первую букву А, за ней Л. Сплавы дляковки и штамповки за буквой А имеют букву К. После этих двух букв ставится условный номер сплава. Принятые обозначения деформированных сплавов: сплава авиаль – АВ, алюминивно-магниевого – Амг, алюминивно-марганцового – Амц. Дуралюмины обозначаются буквой Д с последующим условным номером (например, Д16).

## 4.2. Композиционные материалы

**Композиционные материалы (композиты)** – это сложные материалы, в состав которых входят резко отличающиеся по свойствам нерастворимые или малорастворимые друг в друге компоненты, разделенные в материале четко выраженной границей. Сочетание компонентов позволяет получить некоторое свойство или ряд свойств, которые ни один из компонентов не проявляет, если существует как отдельная фаза.

Например, композиционный материал кермет  $Al-Al_2O_3$  является гетерогенной композицией металлического алюминия с керамической фазой – оксидом алюминия, с малой взаимной растворимостью фаз. Алюминий – электропроводный металл, обладает высокой пластичностью и электропроводностью, однако имеет малую твердость. Оксид алюминия (корунд) – керамика, является диэлектриком, отличается высокой твердостью, при этом плохо проводит тепло, не проявляет пластичности, очень хрупкий. Композиционный материал на их основе сочетает в себе полезные свойства керамики и металла – высокую твердость и пластичность. В зависимости от количественного соотношения фаз  $Al/Al_2O_3$  композит может быть диэлектриком или проводником, в широких пределах меняется его теплопроводность.

Композиционные материалы можно условно разделить на аддитивные и синергетические композиты. Кермет является примером аддитивного композита, в котором достигается суммирование положительных свойств каждого из компонентов, входящих в состав данного композиционного материала. В синергетических композитах наблюдается «всплеск» полезных показателей, который невозможно объяснить простым суммированием положительных свойств компонентов. Он возникает вследствие какого-либо физического эффекта, проявляющегося на границе раздела фаз.

Примером синергетического композита является композитный материал алюминий – сталь, со слоистой структурой, полученный диффузионной сваркой чередующихся алюминиевых и стальных слоев (легче стали в 2 раза). Материал демонстрирует чрезвычайно высокую трещиностойкость на стадии развития разрушения при статическом и динамическом нагружении, не достигаемую отдельно в алюминии и стали. Резкий рост трещиностойкости проявляется вследствие эффекта торможения трещин на границе разномодульных сред (сталь – высокомодульный материал, его модуль нормальной упругости  $E = 210$  ГПа, а алюминий – низко модульный,  $E = 70$  ГПа).

Основой искусственных композиционных материалов (матриц) служат металлы или сплавы (композиционные материалы (КМ) на металлической основе), керамики, полимеры, углеродные и керамические материалы (КМ на неметаллической основе). Матрица связывает композицию

и придает ей форму. От свойств матрицы зависят технологические режимы получения КМ, а также эксплуатационные характеристики: рабочая температура, сопротивление воздействию окружающей среды, плотность, удельная прочность.

Сегодня созданы КМ с комбинированными матрицами, состоящие из двух и более различных по химическому составу слоев. Такие КМ называют полиматричными.

В матрице равномерно распределены *наполнители*, которые называют также *упрочнителями* или *армирующими компонентами*. Свойства композиционного материала зависят от формы или геометрии, размера, количества и характера распределения наполнителя. Наполнители по форме подразделяются на *нульмерные*, *одномерные*, *двумерные* (рис. 4.10).

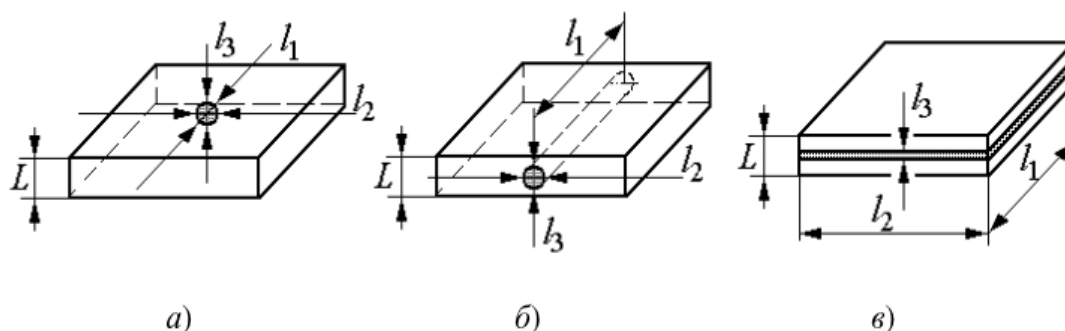


Рис. 4.10. Формы наполнителей: а – нульмерные, б – одномерные, в – двумерные;  $l_1, l_2, l_3$  – размеры наполнителя;  $L$  – толщина матрицы

По форме наполнителя композиционные материалы разделяют на *дисперсно-упрочненные*, *волокнистые* и *слоистые*. *Дисперсно-упрочненные КМ* – это композиционные материалы, упрочненные нульмерными наполнителями; *волокнистые КМ* упрочнены одномерными, а *слоистые КМ* – двумерными наполнителями.

По схеме армирования волокнистые КМ подразделяют на три вида: с одноосным (линейным), двухосным (плоскостным) и трехосным (пространственным) армированием (рис. 4.11).

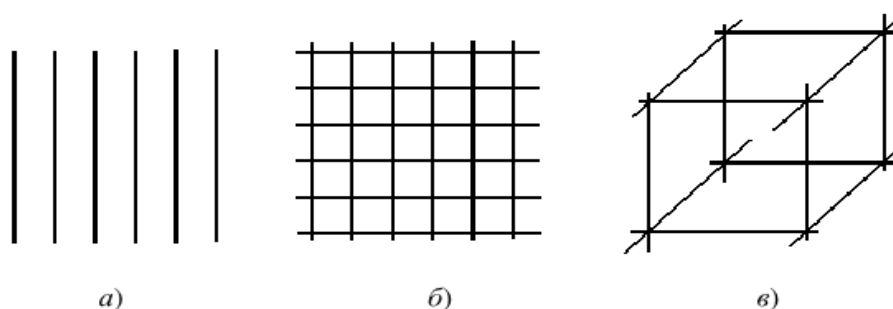


Рис. 4.11. Схемы армирования: а – одноосное, б – двухосное, в – трехосное



В слоистых композитах в качестве наполнителя используют листы бумаги, ткани, асбеста.

Для увеличения комплекса свойств или усиления одного из свойств используют одновременно наполнители разной формы (нульмерные и одномерные) или наполнители одной формы, но разного состава. Такие композиционные материалы называют *полиармированными*.

Рассмотрим рисунок 4.12, который наглядно объединяет в себе и формы наполнителя и схемы армирования.

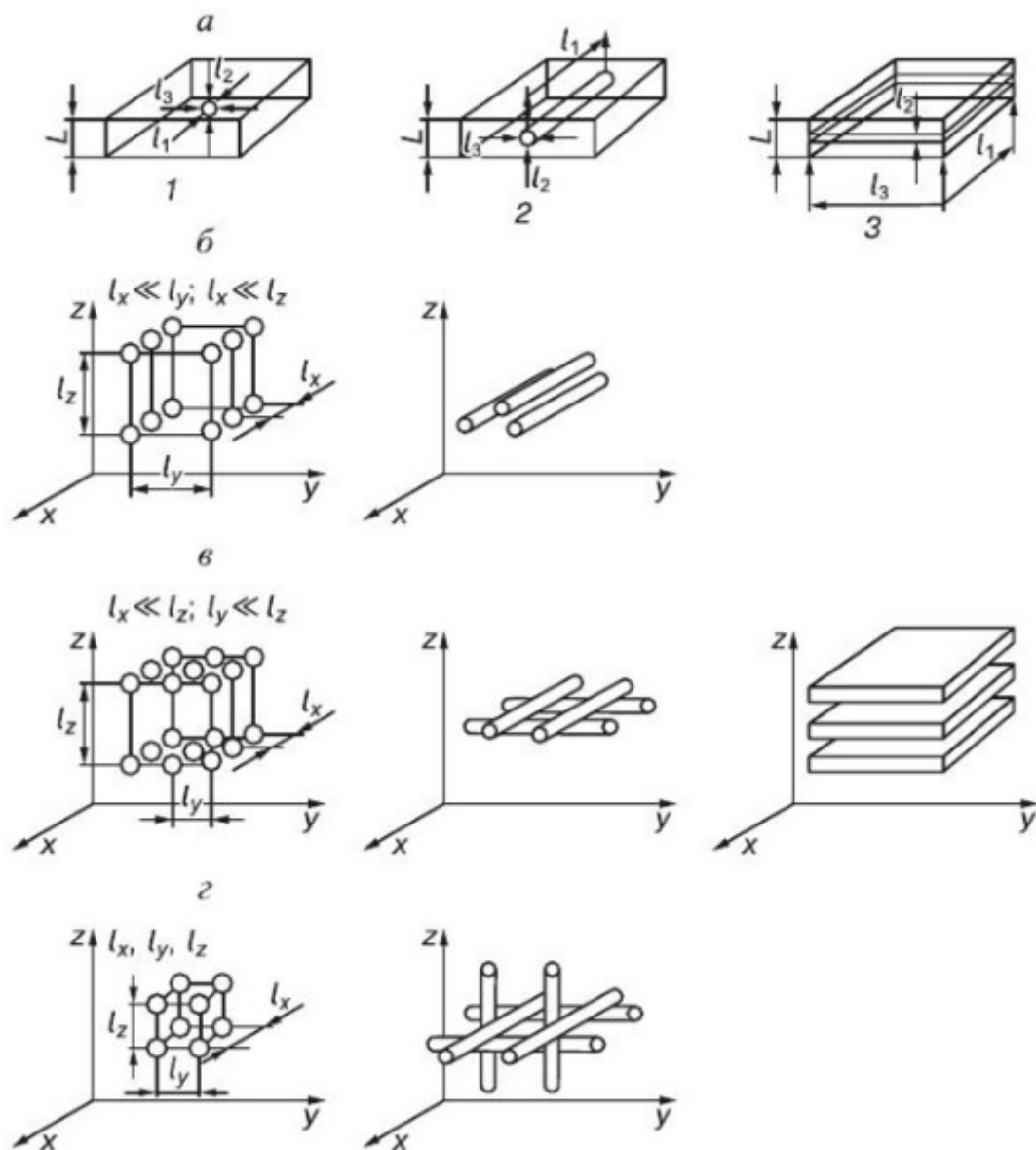


Рис. 4.12. Форма наполнителя (а) и схемы армирования (б-г) конструкционного материала

Нуль-мерные наполнители – это наполнители, имеющие в трех измерениях очень малые размеры одного порядка (частицы). Одномерные наполнители имеют малые размеры в двух направлениях и значительно

превосходящий их размер в третьем измерении (волокна). Двумерные наполнители имеют два размера, соизмеримые с размером композиционного материала, значительно превосходящие третий (пластины, ткань).

При двухосном (плоскостном) армировании используют нуль-, одно- и двумерные наполнители (рис. 4.12, в). Нуль-мерные и одномерные наполнители располагаются в параллельных плоскостях. При этом расстояние между ними в пределах плоскости значительно меньше, чем между плоскостями. При таком расположении нуль-мерного наполнителя его содержание доходит до 15–16 % (объемных). Одномерные наполнители находятся также в параллельных плоскостях. В данном случае в пределах каждой плоскости они расположены параллельно, а по отношению к другим плоскостям – под разными углами. Двумерные наполнители параллельны друг другу.

При трехосном (объемном) армировании нет преимущественного направления в распределении наполнителя. Для армирования используют нульмерные и одномерные наполнители (рис. 4.12, г). Расстояния между нульмерными наполнителями одного порядка. Их содержание может превышать 15–16 % (объемных). Одномерные наполнители располагаются в трех и более пересекающихся плоскостях.

Рассмотрим вопросы использования наполнителей для создания полимерных композитов на примере *нульмерных наполнителей*. Наибольшее распространение получили мелкодисперсные наполнители минерального происхождения: мел, тальк, асбест, оксиды и карбиды металлов, углерод (сажа). В ряде случаев для наполнения полимеров применяют органические наполнители: лигнин, древесную муку и др. Для получения материалов с особыми свойствами, например с повышенными тепло- и электропроводностью, полимеры наполняют металлическими порошками.

К наполнителям предъявляются следующие общие требования:

- высокая смачиваемость наполнителя полимерным материалом,
- низкая стоимость,
- химическая и термическая стойкость,
- хорошая диспергируемость в полимере,
- нетоксичность.

Специальные требования определяются решаемыми с помощью наполнителя задачами: повышения теплостойкости, электропроводности, создания негорючих материалов, снижения плотности материала и др.

*Композиционные материалы с металлической матрицей* состоят из металлической матрицы (чаще алюминий, магний, никель и их сплавы), упрочненной высокопрочными волокнами (волокнистые материалы) или тонкодисперсными тугоплавкими частицами, не растворяющимися в основном металле (дисперсно-упрочненные материалы). Металлическая матрица связывает волокна (дисперсные частицы) в единое целое.

**Эвтектические композиционные материалы** – это композиционные материалы эвтектического или близкого к эвтектическому составу, в которых упрочняющей фазой служат ориентированные кристаллы, образующиеся в процессе направленной кристаллизации.

Методы, применяемые для направленной кристаллизации эвтектических сплавов, должны обеспечивать плоский фронт кристаллизации – поверхность раздела между жидкой и твердой фазами и однонаправленный отвод теплоты. В данном случае фазы эвтектики кристаллизуются перпендикулярно к поверхности раздела и следуют за ней по мере перемещения фронта кристаллизации, образуя ориентированные волокнистые или пластинчатые кристаллы.

Структура эвтектических композиционных материалов, создаваемая естественным путем, а не в результате введения армирующей фазы в матрицу, обладает высокой прочностью, термической стабильностью до температур, близких к температуре плавления эвтектики. Из эвтектических композиционных материалов изделия можно получать в одну операцию, исключая трудоемкие процессы изготовления армирующих волокон, введение и ориентацию их в матрице.

К недостаткам эвтектических композиционных материалов следует отнести повышенные требования к чистоте исходных материалов, зависимость свойств от скорости процесса направленной кристаллизации и ограниченная возможность изменения объемного содержания армирующей фазы, которое определяется в основном диаграммой состояния системы.

Выбор эвтектических композиционных материалов заключается в подборе матричной основы, удовлетворяющей заданной плотности, температуре эксплуатации, коррозионной стойкости и др., и эвтектики, обеспечивающей необходимую прочность.

Методом направленной кристаллизации получают композиции Al – Al<sub>3</sub>N, Al – CuAl<sub>2</sub>, Ni – W, Ni – NiBe, Ni – Ni<sub>3</sub>Nb, Ni<sub>3</sub>Al – Ni<sub>3</sub>Nb и другие. Эти сплавы представляют собой композиционный материал, в котором первый компонент (Al, Ni) является матрицей, а второй (Al<sub>3</sub>N, CuAl<sub>2</sub>, W и др.) – упрочнителем.

Эвтектические сплавы Al–CuAl<sub>2</sub> и Al–Al<sub>3</sub>N по сравнению со сплавами того же состава, но полученными методом ненаправленной кристаллизации, имеют в 3–4 раза больший предел прочности (соответственно 270–330 и 90 МПа) и в 4–5 раз больший предел усталости. Эти сплавы хорошо свариваются методом диффузионной сварки и обрабатываются холодной пластической деформацией.

Сплавы применяют как конструкционный материал, а также для изготовления высокопрочных электрических проводов и контактов электрических выключателей.

Эвтектические сплавы на основе никеля являются жаропрочными материалами. Пределы длительной прочности этих материалов превосходят пределы длительной прочности современных жаропрочных сплавов при рабочих температурах выше 900 °С.

Эвтектические сплавы на основе никеля применяют в ракетной и космической технике для изготовления рабочих лопаток турбин и крепежных деталей газотурбинных двигателей.

По сравнению с композиционными материалами на металлической основе КМ на неметаллической основе отличается хорошей технологичностью, низкой плотностью и в ряде случаев более высокие удельные прочность и жесткость. Кроме того, композиционные материалы на неметаллической основе имеют высокую коррозионную стойкость, хорошие теплозащитные и амортизационные свойства и т.д.

**Композиционные материалы на неметаллической основе** подразделяют на пресс-порошки и пресс-материалы.

*Пресс-порошки* – это композиционные пластмассы с порошкообразным органическим (например, целлюлоза) или минеральным наполнителем.

*Пресс-материалы* – это пластмассы с волокнистым наполнителем (например, стеклянные волокна).

В роли связующего используют различные полимеры – синтетические смолы: эпоксидные, фенолформальдегидные, кремнийорганические и другие. Пресс-порошки и пресс-материалы относят к терморезактивным пластмассам и предназначены они для переработки в изделия методом прессования.

Полуфабрикаты таких пластмасс выполняют в виде порошков, крошкообразных и волокнистых материалов, лент, рубленых и пропитанных смолой волокон, предварительно отформованных таблеток. Полуфабрикаты также могут иметь вид вязких композиций.

Применяют такие композиционные материалы в производстве корпусов приборов, электро- и радиотехнических изделий (разъемы, изоляторы), подшипников скольжения, тормозных колодок и дисков, опорных и распределительных устройств химических аппаратов, деталей насосов, изделий бытового назначения и т.д.

Композиционные материалы встречаются в повседневной жизни. Они могут иметь растительное происхождение, составлять опорно-двигательный каркас или являться результатом строительных работ. Композиционные материалы для 3D-печати позволяют проводить самые смелые эксперименты в архитектуре, строительстве, мелкосерийном производстве, медицине, образовании, ювелирном деле, полиграфии, изготовлении рекламной и сувенирной продукции. Подробнее остановимся на перечисленных примерах композитов.

Лист – пример естественного композита (рис. 4.13). Главной тканью листа является мезофилл. Арматурную функцию в листе выполняет колленхима и склеренхима, которые образуют прочные механические конструкции.

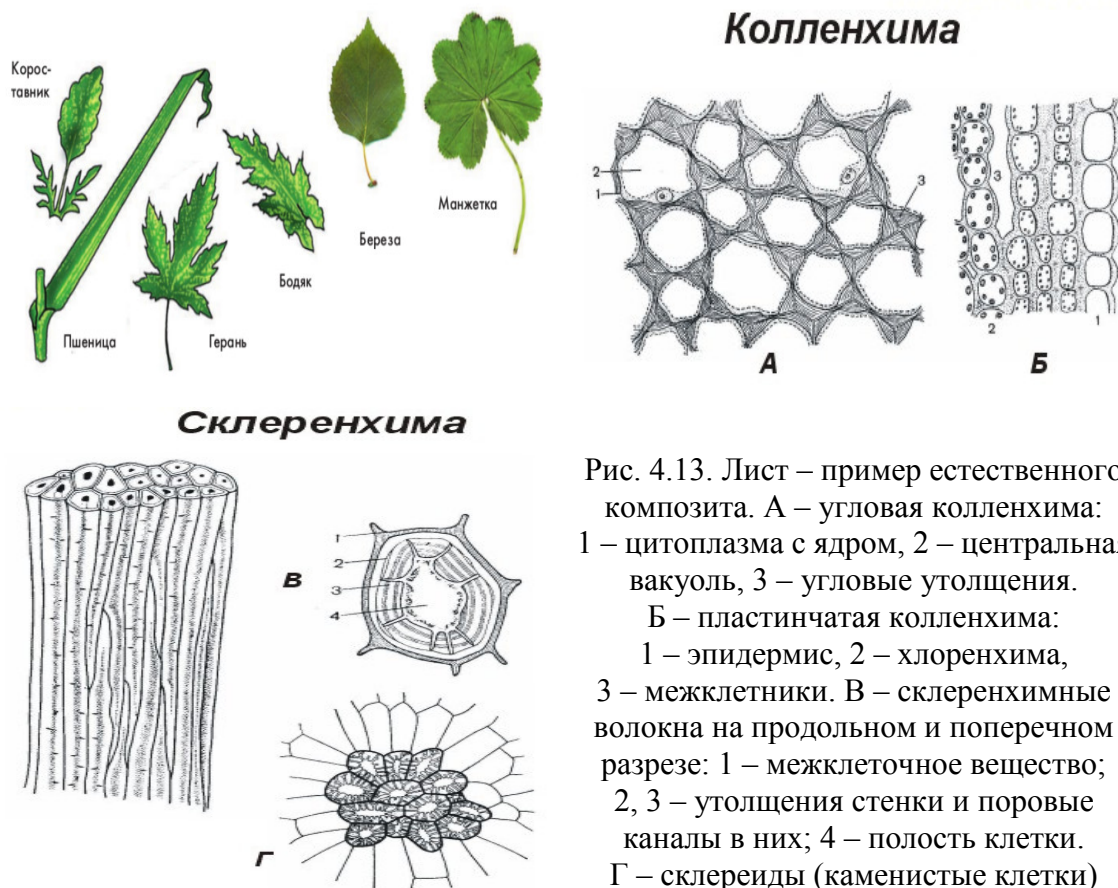


Рис. 4.13. Лист – пример естественного композита. А – угловая колленхима: 1 – цитоплазма с ядром, 2 – центральная вакуоль, 3 – угловые утолщения. Б – пластинчатая колленхима: 1 – эпидермис, 2 – хлоренхима, 3 – межклетники. В – склеренхимные волокна на продольном и поперечном разрезе: 1 – межклеточное вещество; 2, 3 – утолщения стенки и поровые каналы в них; 4 – полость клетки. Г – склереиды (каменистые клетки)

Значительный интерес сегодня представляет производство ценных продуктов малотоннажной химии с использованием в качестве сырьевой базы самого распространенного, доступного и возобновляемого растительного сырья. Технология основана на использовании возобновляемой биомассы в качестве основного источника сырья. С помощью дешевого процесса кислотно-катализируемой дегидратации богатых пентозными сахарами отходов сельскохозяйственного или деревоперерабатывающего производства производят фурфурол (2-фуранкарбальдегид), в дальнейшем восстанавливаемый в фурфуроловый спирт.

Соединения фурфурола и фурфуролового спирта содержат пятичленный ненасыщенный гетероароматический фурановый цикл. Фурановые смолы первого поколения применяли в качестве вспомогательных веществ для литья чугуна. Эти вещества являются реактопластами и под действием кислот вступают в реакцию полимеризации, сопровождающуюся раскрытием фурановых циклов с образованием трехмерных

сетчатых структур. Фурановые фрагменты в полимерной цепи придают множество полезных свойств: прочность, температуростойкость и высокую устойчивость к сильным кислотам и щелочам. Фурановые смолы не поддерживают горение, поскольку под действием высоких температур и открытого пламени легко разлагаются до чистого углерода и водяного пара. Таким образом, можно получать огнестойкие композиции. На основе фурановых смол нового поколения создают формовочные компаунды, похожие на высокомолекулярные соединения (ВМС). Новые материалы на основе фурановых смол найдут применение не только в таких высокотехнологичных областях как полимерные композиционные материалы, но и в деревопереработке.

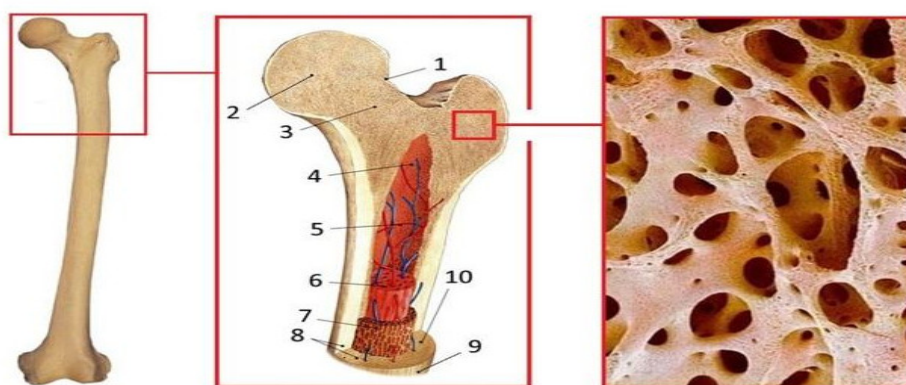


Рис. 4.14. Строение кости:

1 – головка кости; 2 – эпифиз; 3 – губчатое вещество; 4 – центральная костномозговая полость; 5 – кровеносные сосуды; 6 – костный мозг; 7 – губчатое вещество; 8 – компактное вещество; 9 – диафиз; 10 – остеон

Кость – естественный композит (рис. 4.14), состоит из коллагеновых (белковых) волокон, погруженных в минеральную матрицу – гидроксипатит  $\text{Ca}_{10}(\text{HPO}_4)_6(\text{OH})_2$ .

Композиты крайне востребованы в медицине. Сегодня многие научные группы работают над технологией создания новых материалов, которые могут использоваться в хирургии (остеопластике). Такие композиционные материалы применяют для укрепления костей при переломах и травмах, исправлении дефектов. Они приходят на смену титану и металлическим спицам, причем используя тот же титан, необходимо провести две операции – сначала установить, потом извлечь после заживления.

Биоразлагаемые композиционные материалы, напротив, могут оставаться в организме: рассасываться и заменяться на кость, либо находиться постоянно, не причиняя человеку вреда. Ученые ставят перед собой задачу разработать материал, который не провоцирует некрозов или воспалений, не отторгается организмом, при этом обладает хорошими механическими характеристиками.

Заболевания и травмы костно-мышечной системы занимают второе место среди причин травматизма и третье место среди болезней, послуживших причиной инвалидности среди взрослого населения. Поэтому имплантаты различных суставов очень востребованы в медицине. При этом идет постепенный отказ от инородных материалов в пользу подхода естественной регенерации тканей.

Композиты на основе гидроксиапатита, основной минеральной составляющей костной ткани, и биоразлагаемых полимеров имеют высокое сродство к организму, низкий риск отторжения и постепенно разлагаются и выводятся из организма, а на этом месте нарастает новая костная ткань. Преимуществами разрабатываемых материалов, как отмечает лаборатория каталитических исследований Национального исследовательского Томского государственного университета, являются доступность сырья, достаточная технологичность их получения, нетоксичность продуктов биodeградации, биосовместимость и высокая прочность получаемого материала. Применение новых композиционных материалов, полученных из отечественных ресурсов, позволит исключить повторные операции, которые очень часто требуются при использовании металлических и любых других имплантатов, на основе толерантных материалов, не вступающих в обменные процессы с жидкостями организма.

Великую Китайскую стену строили из примитивных материалов, в основном с помощью трамбовки земли. Между щитами из прутьев или тростника прессовали слои глины, гальки и других местных материалов. Иногда использовали кирпичи, высушенные на солнце. На некоторых участках применяли каменные плиты, которые укладывали вплотную друг к другу по слоям уплотненной земли. Матрицей в данном случае служила утрамбованная почва, армирующим наполнителем выступали прутья.

Сегодня композиционные материалы в строительстве представлены широким спектром. Отметим некоторые примеры самых распространенных в строительной отрасли композитов.

*Бетоны*, матрица которых может быть как традиционной, цементной, так и созданной на основе новых технологий – полимерной. Разнообразие бетонов существует большое множество, они отличаются своими свойствами и областью применения – от обычных до декоративных. Современные бетоны по своей прочности приближаются к металлическим конструкциям.

*Органопластические композиты*, основным наполнителем которых являются синтетические волокна, иногда используются и природные материалы. Матрицей обычно служат различные смолы. Органопластики достаточно легкие, хорошо держат удар, сопротивляются динамическим нагрузкам, но при этом плохо выдерживают растяжения и сгибы. Древесные композиционные материалы также относятся к органопластикам.

*Стеклопластики* армируются стеклянными волокнами, а в качестве формирующей матрицы для их изготовления применяют особые синтетические смолы или термопластичные виды полимеров. Материал обладает устойчивостью, прочностью, низкой теплопроводностью, но при этом свободно пропускает радиосигналы.

*Углеродные пластики* представляют собой соединение углеводородных волокон и различных полимеров. Обладают более высокой упругостью, чем стеклопластики, легкие и достаточно прочные.

*Текстолиты* – это слоистые материалы, армированные тканями на основе различных волокон. Заготовки-полотна заранее пропитывают смолой, а затем прессуют с использованием режима высокой температуры, получая готовый к применению пласт. Поскольку наполнители могут быть очень разными, то и свойства значительно разнятся.

**3D-печать** стремительно входит в нашу жизнь, открывая новые возможности в самых разных сферах деятельности. Технологии 3D-печати позволяют создать трехмерную модель изделия на компьютере и получить полноценный физический объект, соответствующий заданным параметрам. Преимуществами использования современных 3D-принтеров являются снижение себестоимости изготовления продукции и сокращение сроков ее появления на рынке, моделирование элементов любой формы и сложности, быстрота и высокая точность изготовления, возможность использования разных материалов.

Композиционные материалы для 3D-принтера – это многокомпонентные материалы, состоящие из полимерной матрицы и наполнителя. Сочетание различных по природе компонентов позволяет получить новые материалы для 3D печати с улучшенными характеристиками.

**ABS-пластик** или акрилонитрилбутадиенстирол, входит в группу стирольных сополимеров. Аморфная структура материала в совокупности с его высокой размерной стабильностью наделяет ABS-пластик ударопрочностью, пластичностью, равномерной и однородной качественной поверхностью напечатанных изделий. Изделия хорошо поддаются постобработке в этилацетате. Температура эксплуатации от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В 3D-прототипировании порошок из этого вещества активно используется в технологиях печати методом экструзии (FDM – Fused Deposition Modelling – технология трехмерной печати, при которой построение объекта идет за счет расплавления нити пластика, которая через экструдер подается на рабочую поверхность; была разработана американской компанией Stratasys в 1988 году.). Модели, полученные из ABS-пластика долговечны, но плохо переносят солнечные лучи.

*Экструзия (технологический процесс)* – метод и процесс получения изделий из полимерных материалов (резиновых смесей, пластмасс, крахмалсодержащих и белоксодержащих смесей) путем продавливания расплава материала через формуемое отверстие в экструдере.



**PLA-пластик** или полилактид является хорошим материалом для начала работы с 3D-принтером. Практически полное отсутствие усадки у этого пластика способствует правильной печати модели, а также обеспечивает высокое разрешение печати, позволяющее создавать более сложные геометрические модели по сравнению с использованием ABS-пластика. Температура эксплуатации от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . PLA-пластик – это биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота. Он является экологически чистым из всех материалов, применяемых в 3D-принтерах. Полимер молочной кислоты получают в процессе переработки кукурузы, крахмала, целлюлозы, сахарного тростника. PLA-пластик – наиболее перспективный материал, так как для его синтеза используют ежегодно возобновляемые ресурсы. При производстве PLA-пластика в атмосферу выбрасывается вдвое меньше, по сравнению с производством полимеров на нефтяной основе, углекислого газа. Напечатанные с использованием полилактида модели недолговечны – при естественных условиях постепенно разлагаются.

Сегодня актуальным является необходимость в ранней диагностике заболеваний дыхательной системы, которая предусматривает концентрирование, выделяемых пациентом продуктов дыхания с последующим анализом. Для решения указанной задачи в лаборатории печатной электроники кафедры конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры ТУСУРа был разработан макет адсорбера и выполнено его изготовление на 3D-принтере Flash Forge Creator методом послойного наплавления. В качестве филамента был выбран именно биосовместимый PLA-пластик (рис. 4.15).

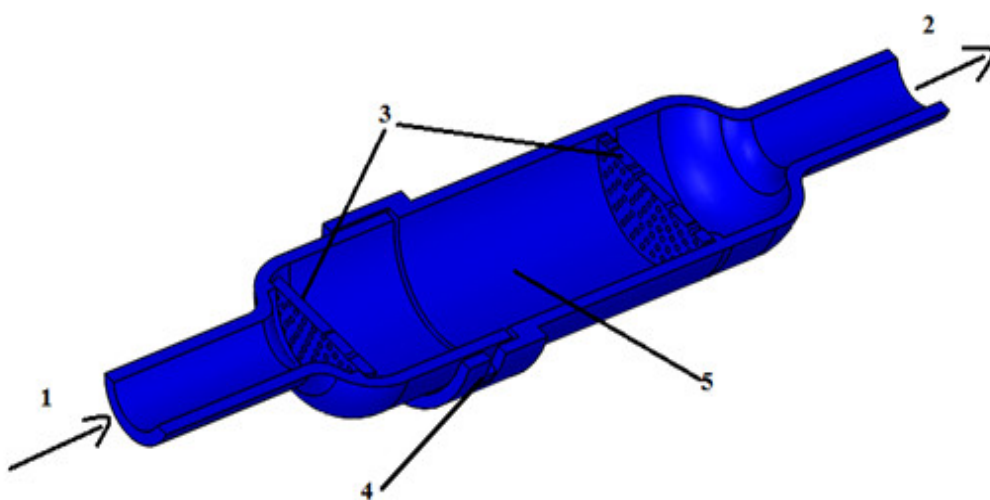


Рис. 4.15. 3D-модель адсорбера: 1, 2 – поток выдыхаемого воздуха; 3 – сетка; 4 – быстросъемный замок; 5 – объем адсорбента

Конструкция адсорбера выполнена в виде цилиндра, который разделен на две части для возможности заполнения внутреннего объема адсорбентом – твердым полидисперсным материалом для улавливания продуктов дыхания. Детали соединяются быстросъемным замком, что позволяет с легкостью извлекать внутреннее наполнение адсорбера. С одного края цилиндра расположено отверстие для подачи (вдыхания) воздуха, а с другого края расположено отверстие для выдыхаемого воздуха с целью последующего анализа.

По краям внутреннего объема расположены фильтры, выполненные в виде мелкой сетки, которые позволяют внутреннему содержимому оставаться внутри адсорбера. Данное решение может быть использовано также для определения чувствительности микроорганизмов к антимикробным препаратам, для коррекции лечения многих заболеваний дыхательной системы антибиотиками. Таким образом, обладая очень низкой себестоимостью, адсорбер явился прекрасным одноразовым устройством для решения задач практического здравоохранения.

**PVA-пластик** является уникальным материалом для 3D-печати. Он полностью растворяется в воде. Поэтому PVA-пластик практически непригоден в качестве материала для печати изделий, но идеально подходит для создания опорных структур (поддержек) для них. PVA-пластик применяют в качестве поддержек для печати изделий из PLA.

**PETG** – это износостойкий сополиэфир (комбинация). PET означает полиэтилентерефталат, буква G означает, что он модифицирован гликолем для большей долговечности. Прочный материал, крепкий, подходит для большинства FDM принтеров. Температура эксплуатации от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+220^{\circ}\text{C}$ .

При изготовлении перечисленных выше пластиков могут быть использованы красители, которые подбирают специальным образом, что сводит к минимуму отрицательное воздействие последних на качество печати. Сегодня в продаже можно встретить как неокрашенные, так и светло-синие, бежевые, голубые, серые, коричневые, розовые, оранжевые, темно-зеленые, красные, бирюзовые, красные, желтые ультрамариновые, белые, черные и др. филаменты для 3D-печати.

*Филамент для 3D-печати* – это материал (пластик и ему подобные материалы) для производства 3D-моделей.

Введение примесей из углеродного волокна и (или) электропроводящих компонентов позволяет получать токопроводящие пластики (например, ABS-пластик токопроводящий). Изделия, напечатанные на основе таких пластиков, можно использовать в качестве антистатического материала, для экранирования электромагнитных помех. Они обладают высокой механической прочностью, ударопрочностью, хорошей теплоотдачей и высоким сопротивлением к низким и высоким температурам.

Необходимо отметить, что помимо 3D принтеров с одним экструдером появились также и двух-экструдерные. Реальной стала возможность печати двумя материалами, например PLA (базовый материал) и PVA (материал временной поддержки, удаляемый химическим путем, с помощью воды). Появилась возможность печатать двумя разными цветами. Примером такого 3D-принтера является Picaso Designer X Pro.

Роль 3D-печати в образовании очень важная, заключается в новых возможностях для развития пространственного мышления и творческих навыков. Практическое моделирование кардинально меняет представление школьников и студентов о различных предметах и делает более доступным и понятным процесс обучения таким наукам, как программирование, дизайн, физика, математика, естествознание. Создание чего-либо своими руками помогает воплотить свои идеи в реальность. Сегодня актуальным является изготовление «распечатанных» органов (медицинская область применения), промышленных комплектующих (техническая область), наглядных объемных моделей (педагогическая область), макетов зданий и сооружений (архитектурная область), предметов одежды (дизайнерская область), модели украшений (ювелирная отрасль) и т.д.

Среди основных тенденций, определяющих дальнейший путь развития 3D-печати, можно выделить создание новых современных материалов для печати, 3D-печать металлами, интегрирование аддитивных технологий в производство.

### **4.3. Наноматериалы**

До недавнего времени все материалы, используемые в промышленности, имели существенный недостаток – их структура неоднородна, зерна имеют большое количество дефектов, их размеры колеблются в широком диапазоне, поэтому физико-механические характеристики и эксплуатационные свойства таких материалов ограничены. В конце XX в. в связи с новыми достижениями науки и промышленности, когда появилась возможность создавать материалы с мелкозернистой однородной структурой, появились термины «нанотехнологии» и «наноструктурные материалы».

Нанотехнологии позволяют осуществлять управляемый синтез молекулярных структур, когда материальные объекты можно получать не из обычных сырьевых ресурсов, а непосредственно из атомов и молекул с помощью машин-сборщиков, оборудованных системами искусственного интеллекта. Перечислим перспективные направления развития нанотехнологий:

- 1) Создание материалов и готовых изделий с заранее заданными свойствами, в несколько раз превосходящими физико-механические

характеристики современных материалов (например, создание гидрофобных, сверхпрочных, износостойких, стойких к коррозии материалов).

2) Создание процессоров с высокой производительностью и малым потреблением энергии будет способствовать возникновению сверхминиатюрных электронных устройств, гибких дисплеев, электронной бумаги и других новых способов записи и хранения информации.

3) Создание ячеек памяти с неограниченным объемом, что приведет к увеличению памяти компьютеров и скорости передачи информации.

4) Разработка новых лекарственных препаратов направленного действия с обеспечением адресной доставки к больным органам.

5) Создание нанодатчиков, позволяющих одновременно оценить большое количество изменяющихся параметров контролируемого объекта.

**Наноструктурные материалы (наноматериалы)** – это материалы, созданные с использованием наночастиц и (или) посредством нанотехнологий, обладающие какими-либо уникальными свойствами, обусловленными присутствием этих частиц в материале.

«Нано»-направление (приставка нано- означает  $10^{-9}$  м) возникло на стыке физики, химии, материаловедения, биологии, медицины, электронной и компьютерной техники. Для отнесения объекта к наномиру достаточно, чтобы хотя бы один его размер лежал в нанометровом диапазоне.

Среди наноматериалов можно выделить несколько основных разновидностей:

- *консолидированные наноматериалы*, к которым относятся компакты, пленки и покрытия из металлов, сплавов и соединений, получаемые методами порошковой технологии, интенсивной пластической деформации, контролируемой кристаллизации из аморфного состояния и др. способами нанесения пленок и покрытий;
- *нанополупроводники, нанополимеры, нанобиоматериалы* могут быть как в изолированном, так и в частично консолидированном состоянии, образуя также гибридные (смешанные) материалы;
- *фуллерены и тубулярные наноструктуры* – предмет многочисленных исследований начиная с времени идентификации новой аллотропной формы углерода – кластеры  $C_{60}$  и  $C_{70}$ , названные фуллеренами;
- *катализаторы* – пример широко применяемых нанообъектов;
- *нанопористые материалы* – материалы с размером пор менее 100 нм;
- *супрамолекулярные структуры* – наноструктуры, получаемые в результате нековалентного синтеза с образованием слабых (водородных, ван-дер-ваальсовых и др.) связей между молекулами и их ансамблями.

7-я Международная конференция по наноструктурным материалам (Висбаден, 2004) разделила этот класс материалов на следующие груп-

пы: нанопористые твердые вещества, наночастицы, нанотрубки и нановолокна, нанодисперсии, наноструктурные поверхности и пленки, нанокристаллические материалы.

Рассмотрим основы физики поверхности нанообъектов, которые позволяют объяснить их основные свойства и принципы применения. Все особые свойства, присущие нанообъектам, являются следствиями или функциями *гетерогенности* и *дисперсности*.

*Гетерогенность (многофазность)* – признак, указывающий на наличие межфазной поверхности раздела. В отличие от других гетерогенных систем дисперсные системы (в том числе и нанодисперсные системы) обладают высокой степенью раздробленности и большим количеством частиц дисперсной фазы.

*Дисперсность (раздробленность)* определяется размерами частиц дисперсной фазы. Чем меньше линейные размеры частиц фазы, тем больше ее дисперсность. Количественно дисперсность может быть выражена характеристиками:

1) *линейные размеры* частиц  $a$ , измеряются в метрах. В случае изометрической формы частиц – кубической или сферической, под линейными размерами подразумевается диаметр или ребро куба, а в случае нитей, капилляров, плёнок и других неизометрических частиц – это длина наименьшей оси частицы.

2) *степень дисперсности*  $D$ , часто называемая просто дисперсностью.  $D$  – это величина, обратная линейным размерам частиц  $D = 1/a$ . Размерность  $D$  в системе СИ –  $m^{-1}$ .  $D$  можно представить себе как число частиц, укладываемых на единице длины, т.е. на 1 м.

3) *удельная поверхность*  $S_{уд}$ , определяемая отношением межфазной поверхности к объёму или к массе частиц дисперсной фазы.

Все три характеристики дисперсности связаны между собой: с уменьшением  $a$  увеличиваются дисперсность  $D$  и удельная поверхность  $S_{уд}$ .

При уменьшении количественной характеристики – размера частиц – с достижением определенной степени дисперсности наступает качественное изменение свойств гетерогенной системы. Наноструктурные материалы могут обеспечить оптимальное сочетание технико-экономических показателей, не благодаря дорогостоящим легирующим компонентам, а путем изменения структуры материала. Такие механические характеристики конструкционных материалов, как предел прочности, предел усталости, износостойкость, вязкость разрушения могут изменяться в зависимости от размера зерен и ячеек, количества и природы дефектов. Например, уменьшение размеров зерна в технических металлах и сплавах с обычных единиц-десятков микрон до десятков нанометров увеличивает их прочность в 5–6 раз. При дальнейшем уменьшении размера частиц возникают негативные эффекты: растет хрупкость и уменьшается термическая стабильность сплава.

Из множества физических и химических свойств ведущую роль играют *поверхностные явления*.

*Поверхностные явления* – это физико-химические явления, которые обусловлены особыми (по сравнению с объемными) свойствами поверхностных слоев жидкостей и твердых тел. Различают следующие виды поверхностных явлений:

1. Самопроизвольные поверхностные явления:

- *адсорбция* – концентрирование вещества на границе раздела фаз;
- *адгезия* (прилипание) – образование межмолекулярных связей между поверхностями двух соприкасающихся разнородных твердых или жидких тел;
- *смачивание* жидкостями твердых поверхностей и растекание жидкостей по твердым поверхностям;
- *гетерогенное образование зародышей* новой фазы в гомогенных пересыщенных системах (например, образование тумана);
- *коагуляция* – слипание твердых частиц дисперсной фазы в коллоидных системах и суспензиях с образованием крупных агрегатов с последующим разрушением системы;
- *электроповерхностные явления*, связанные с возникновением двойного электрического слоя (ДЭС) на границе раздела фаз;
- *образование различной огранки* кристаллов;
- *капиллярные явления*, связанные с искривлением поверхности на границе с другой средой;
- *коалесценция* – слияние капель в эмульсиях или газовых пузырьков в пенах при их непосредственном контакте;
- *спекание* частиц дисперсной фазы в порошках при высокой температуре;
- *собирательная рекристаллизация* – укрупнение зерен поликристаллического материала при повышении температуры за счет исчезновения мелких кристаллов;
- *изотермическая перегонка* – увеличение объема крупных капель или частиц твердой фазы в аэрозолях за счет испарения более мелких.

2. Несамопроизвольные поверхностные явления:

- *эффект Ребиндера* – изменение прочности и пластичности твердых тел за счет снижения поверхностной энергии во время деформации и развития трещин;
- *эффект Иоффе* – значительное повышение прочности кристаллов за счет устранения структурных дефектов в результате растворения поверхностных слоев или в процессе деформирования;
- *механохимические реакции* – кратковременная активация атомов и молекул поверхностного слоя в момент разрушения, которая используется для инициирования и ускорения ряда химических реакций.

Научный интерес к нанокристаллическому состоянию твердого тела в дисперсном или компактном виде связан с ожиданием возможного влияния размера наночастиц и нанокристаллитов на их свойства и свойства материала.

*Роль размера наночастиц:*

- соизмерим или меньше, чем характерный корреляционный масштаб того или иного физического явления или характерная длина;
- возникает большой вклад поверхностной энергии в суммарную свободную энергию наночастицы;
- малый размер зерен обуславливает большую развитость и протяженность межзеренных границ раздела, что вызывает комплекс явлений, связанных с изменением свойств вещества вследствие возрастания доли вклада поверхности в общие свойства системы.

Благодаря этим факторам нанокристаллические материалы по свойствам существенно отличаются от обычных поликристаллов. По этой причине уменьшение размера зерна рассматривают как эффективный метод изменения свойств материалов.

Структура основных видов наноструктурных материалов по геометрическому признаку приведена на рис. 4.16:

- нанодисперсии (атомные кластеры и наночастицы – 0);
- многослойные и волокнистые материалы (1);
- наноструктурные покрытия и пленки (2);
- объемные наноструктурные материалы (3).

Термин «*кластер*» применяют для обозначения наночастиц, имеющих размеры менее 1 нм.

Наночастицы могут быть получены как посредством *сборки* отдельных атомов, так и *дроблением* объемного материала.

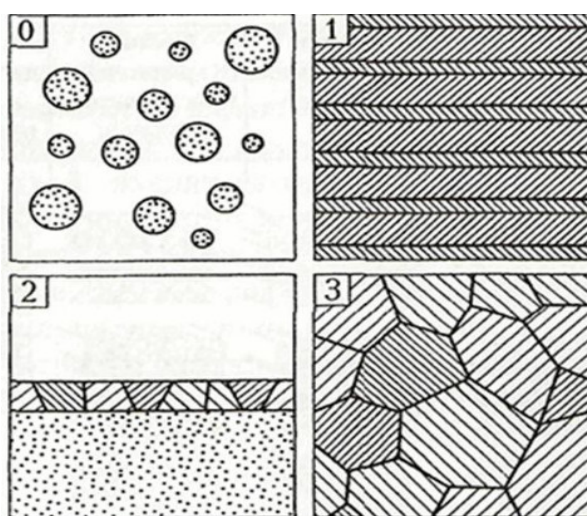


Рис. 4.16. Классификация наноматериалов по Р. Зигелю:

- 0 – атомные кластеры и наночастицы; 1 – многослойный материал;  
2 – наноструктурное покрытие; 3 – объемные наноструктурные материалы

При минимизации объема и максимизации плотности наночастицы с формой, близкой к сферической, и плотноупакованной структурой для объемных тел можно вывести количество атомов в частице, называемое *магическими структурными числами*.

Для материалов с ГЦК решеткой наименьшая из теоретически возможных частиц состоит из 13 атомов. Такая частица называется кубоктаэдром и состоит из 14 граней – 6 квадратных граней и 8 граней в форме равностороннего треугольника. Если нарастить на частицу еще один слой, то есть добавить еще 42 атома, то получится частица из 55 атомов. Добавляя слои к такой частице, можно получить еще большие наночастицы, которые образуют ряд кластеров с суммарным числом атомов  $N = 1, 13, 55, 147, 309, 561$  и так далее, которые называются структурными магическими числами. Для  $n$  слоев количество атомов  $N$  в такой ГЦК частице определяется по формуле:

$$N = (1/3) [10 n^3 - 15 n^2 + 11 n - 3],$$

где число атомов на поверхности  $N_{\text{пов}}$  определяется по формуле:

$$N_{\text{пов}} = 10 n^2 - 20 n + 12.$$

Наночастицы могут иметь природное или техногенное происхождение.

**Нанобактерию** (НБ) открыл в 1990 г. американский ученый Р. Фольк, изучая состав метеоритов. Позже, в 1998 г., профессор Е. О. Каяндер (Финляндия), обнаружил НБ в живых организмах. В 2000 г. российские ученые подтвердили существование НБ в камнях пациентов, болеющих подагрой. НБ – «каменная бактерия» – ее поверхность покрыта каменной оболочкой из карбонат-апатита, солей угольной и фосфорной кислот, поэтому НБ защищена от неблагоприятного влияния окружающей среды. Нанобактерия – материальный и мельчайший носитель живого (0,2–2 мк), живет в бескислородной среде, быстро «наращивает свою скорлупу» и располагается внутри этого саркофага. НБ – образец автотрофных систем согласно учению В. И. Вернадского. Сливаясь, НБ формирует агрегаты, находясь в любой точке человеческого организма (в почках, печени, на зубах и т.д.) Изучая зубные камни различных пациентов методом электронной сканирующей микроскопии (рис. 4.17), были обнаружены овоидные конфигурации НБ диаметром 0,3–0,9 мк. В рамках выполнения совместного проекта ТУСУР – СибГМУ были предложены методы (микроволновая терапия и вихревое магнитное поле) разрушения НБ как путь для лечения стоматологических заболеваний.



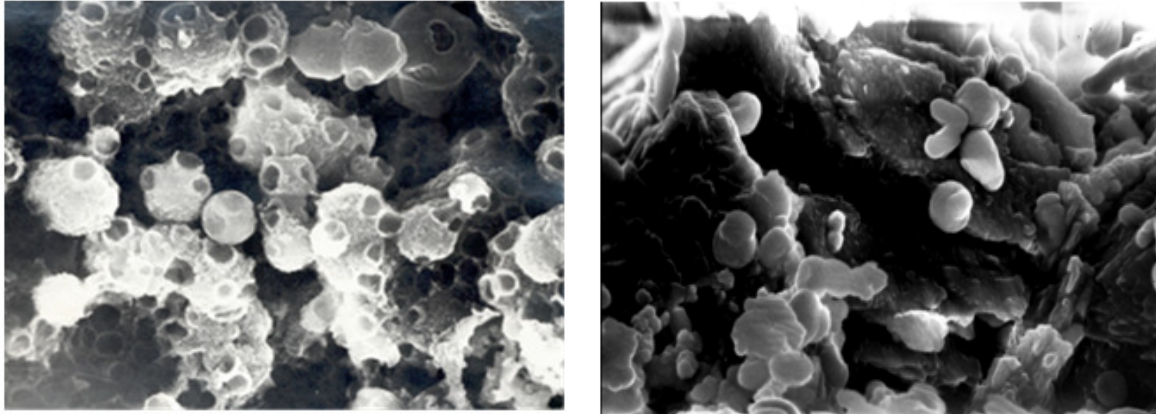


Рис. 4.17. Микрофотография зубного камня

В последние годы большое внимание уделяют **нанопорошкам фторидов металлов** как к объектам исследования влияния размера и формы частиц на их физические и химические свойства, а также с точки зрения создания материалов для биомедицинских приложений, фотоники, получения катализаторов, ионных проводников и т.д. При получении нанодисперсного фторида  $\text{Sr}_{0,955}\text{Yb}_{0,02}\text{Er}_{0,025}\text{F}_{2,045}$  в качестве исходных веществ использовали  $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$  (х.ч.),  $\text{Yb}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (99,99 % РЗЭ),  $\text{Er}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (99,99 % РЗЭ), а также фторид аммония (химически чистый). Синтез был выполнен в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки, институте общей физики им. А. М. Прохорова Российской академии наук (ИОФ РАН). Согласно проведенным на базе НИ ТГУ и ТУСУРа исследованиям показано, что образец  $\text{SrF}_2$ , допированный редкоземельными элементами, имел удельную поверхность меньше  $1 \text{ м}^2/\text{г}$ , был непористым, отличался наличием наноразмерных частиц (рис. 4.18).

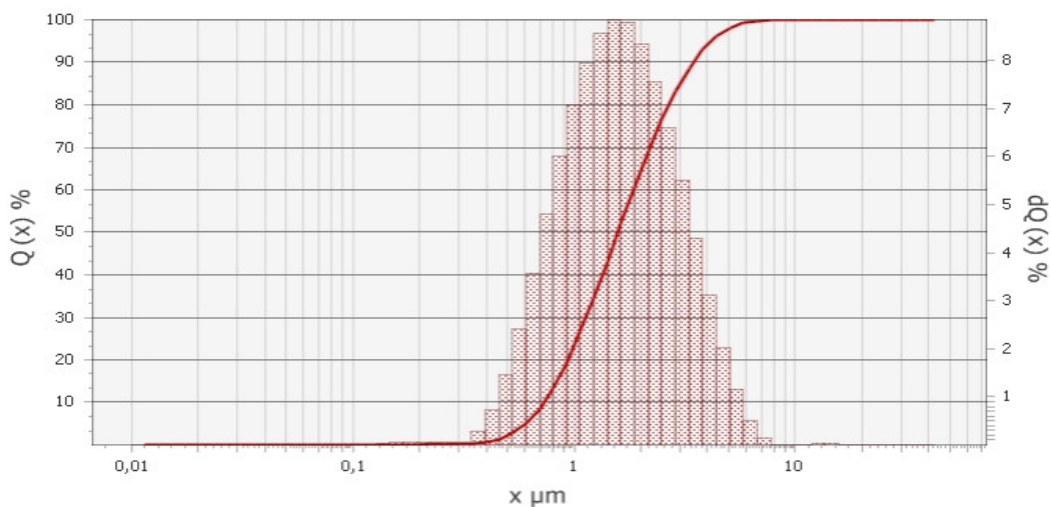
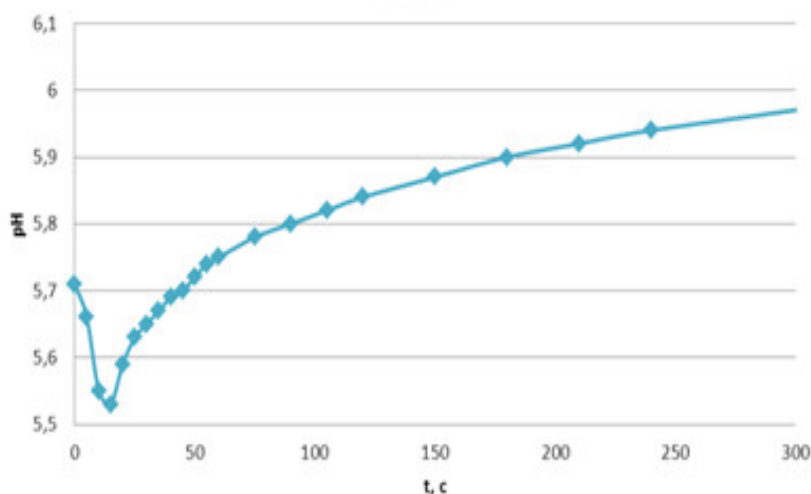
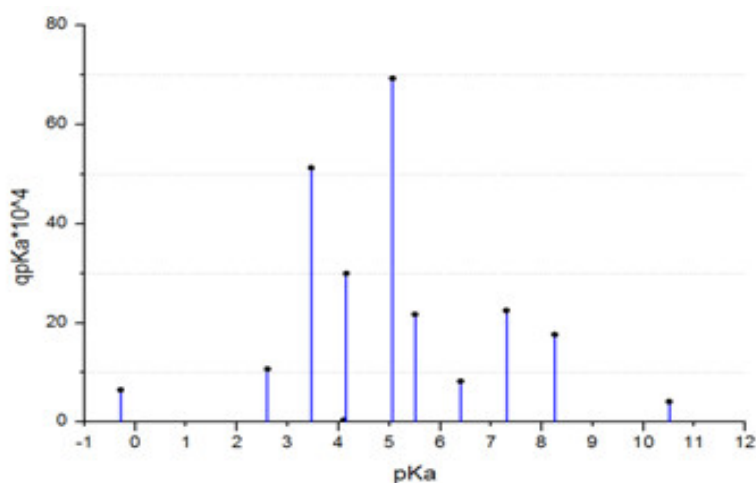


Рис. 4.18. Распределение частиц по размерам для нанодисперсного образца фторида стронция, легированного РЗЭ, при освещении лазерным пучком:  
Q (%) – доля частиц

Кислотно-основное состояние поверхности было близким к нейтральному (рис. 4.19). Спектр люминесценции для него лежал в видимой области и имел максимумы, соответствующие зеленой и красной областям спектра (554 и 660 нм).



а



б

Рис. 4.19. Изменение pH водной суспензии (а) и спектр распределения центров адсорбции на поверхности (б) нанодисперсного фторида стронция, легированного РЗЭ

Актуальным сегодня является получение многофункциональных **нанокерамических покрытий** на алюминиевые, магниевые, титановые, циркониевые и др. металлические поверхности. Покрытие наносится методом микродугового оксидирования, который разработали специалисты из Российского государственного технологического университета им. К. Э. Циолковского (МАТИ). Такие наноструктурированные керамикоподобные слои на поверхности металлов защищают их от коррозии,

улучшают адгезию при последующем нанесении на них полимерных или лакокрасочных материалов. Процесс микродугового оксидирования происходит в растворе электролита под воздействием электрического тока. В зависимости от условий обработки можно получать модифицированные поверхности различного назначения – износостойкие, коррозионно-защитные, электроизоляционные, теплостойкие, или их сочетания.

Нанесение **защитных нанопокровтий** можно осуществить ионно-плазменной обработкой. Вакуумная ионно-плазменная обработка – это сложный процесс взаимодействия потоков газовой и металлической плазмы с обрабатываемой поверхностью (подложкой) с целью формирования покрытия. Процессы ионно-плазменной обработки можно применять для нанесения пленок разнообразных материалов, очистки, полировки поверхности, травления и формирования прецизионных топологических рисунков в производстве полупроводниковых приборов и микросхем, резисторов, конденсаторов, фотошаблонов и др. Применение ионно-плазменной обработки распространяется и на другие области, например, в стоматологии для нанесения пленочного покрытия на поверхностно-пористые и шероховатые имплантаты; для повышения надежности и режущих свойств инструмента.

### ***Вопросы к семинару***

1. Поясните, в чем заключается различие в случае высоколегированной и легированной стали?
2. Перечислите свойства, которыми обладают металлы в твердом состоянии.
3. Охарактеризуйте свойства и применение известных вам сплавов.
4. Поясните различия между сплавами, смесями, твердыми растворами и химическими соединениями.
5. Приведите примеры композиционных материалов естественного и искусственного происхождения.
6. Приведите наиболее распространенные классификации наноструктурных материалов.
7. Расскажите о перспективах создания и применения наноструктур на основе искусственно синтезированных полимеров.
8. Каким образом можно получать токопроводящие пластики?
9. Перечислите виды поверхностных явлений и дайте им краткую характеристику.



## **Глава 5. СВЯЗЬ ДИЗАЙНА С СОВРЕМЕННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И ТЕХНОЛОГИЯМИ**

Сегодня сложно переоценить значение дизайна в жизни человека. Он касается любой сферы жизни человека: от самых элементарных бытовых вещей, таких, как бумажная салфетка, до сложного высокотехнологичного оборудования, подобно орбитальным космическим пилотируемым станциям, и люди, связанные с этой деятельностью, сегодня должны быть компетентны не только в сфере эстетики, но и в таких областях как конструирование, материаловедение, технологии производства. В зависимости от вида дизайна, специалисты осваивают многие направления знаний, что необходимо, чтобы соответствовать требованиям времени.

Говоря о специалистах, занимающихся промышленным дизайном сегодня, они, помимо знаний и навыков в области технической, должны хорошо разбираться в современных материалах и технологиях их обработки. В настоящее время одними из самых передовых технологий в производстве промышленных изделий являются использование станков с ЧПУ и аддитивных технологий.

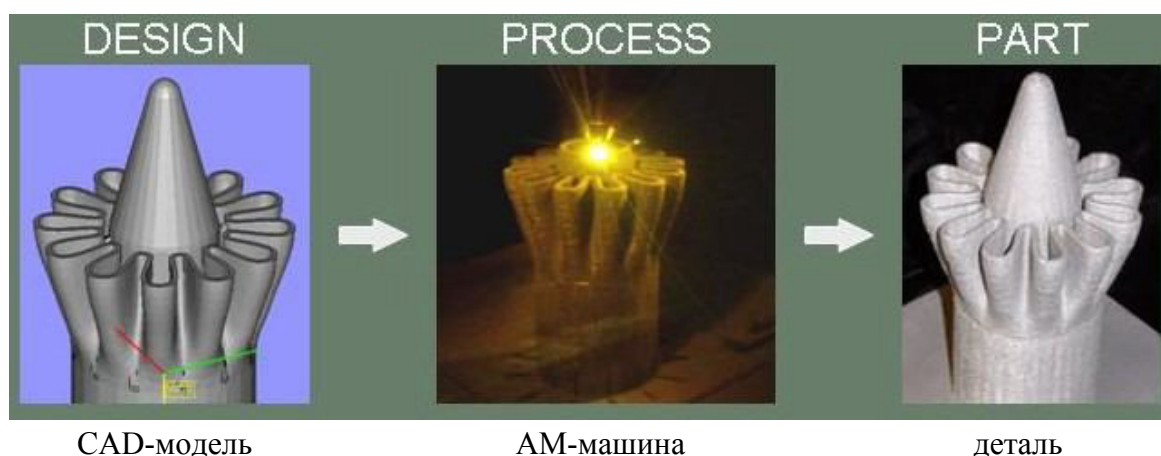
### **5.1. Общее понятие об аддитивных технологиях**

Появление аддитивных технологий относят к концу 80-х годов XX века. Американская компания 3D Systems считается пионером в этой области, которая в 1986 году разработала первую коммерческую стереолитографическую машину. Данное оборудование до середины 90-х годов использовалось в большей мере в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности, так как лазерные машины – сначала стереолитографические, затем порошковые – были чрезмерно дороги, а выбор материалов достаточно скромный. Интенсивное распространение цифровых технологий в области проектирования, моделирования, расчётов, и механообработки способствовало развитию аддитивной технологии. Тогда эта технология называлась «Rapid Prototyping», что в переводе с английского «технология быстрого прототипирования». Сегодня этот термин уже устарел, с помощью данной

технологии уже изготавливают изделия, не являющиеся прототипами: это детали спутников и самолетов, инструменты, литейные формы, эндопротезы и имплантаты.

В отличие от традиционных методов создания детали с помощью удаления материала из массива заготовки, аддитивные технологии предполагают изготовление детали методом послойного добавления (с английского «add») материала.

Основные этапы аддитивного производства можно представить в виде схемы: CAD-модель, АМ-машина, деталь (рис. 5.1).



CAD-модель

АМ-машина

деталь

Рис. 5.1. Основные этапы аддитивного производства Additive Manufacturing (LENS Optomec)

Использование аддитивных технологий уже сегодня позволяет осуществлять полностью цифровой процесс производства, когда стадии реализации проекта от идеи до материализации находятся в единой технологической цепи.

В международной организации American Society for Testing and Materials (ASTM International), в сферу деятельности которой входит разработка технических стандартов для широкого перечня услуг, изделий и материалов, аддитивные технологии определены как «процесс объединения материала с целью создания объекта из данных 3D-модели, как правило, слой за слоем, в отличие от «вычитающих» производственных технологий».

Из вышеупомянутого определения следует, что аддитивные технологии трактуются как противоположный подход к традиционным технологиям механообработки, основанных на «вычитаниях» материала из массива заготовки.

Все больше новых сфер деятельности человека охватывают аддитивные технологии. Представители многих профессий, таких как дизайнеры, палеонтологи, архитекторы, астрономы, кондитеры используют технологии 3D-печати для реализации различных задач. Можно привести несколько примеров реализации неожиданных проектов, например,

создание экструзивного 3D принтера использующего в качестве материала изготовления быстротвердеющие бетонные смеси для возведения различных строительных построек Андрея Руденко (рис. 5.2).



Рис. 5.2. Замок А. Руденко, возведенный с помощью аддитивной технологии

Как пример можно привести и реализацию проекта по созданию 3D-принтеров китайской компании Shanghai WinSun Decoration Design Engineering, использующих в качестве материала при строительстве зданий переработанные промышленные отходы. В ходе реализации данного проекта в течении одних суток было построено десять домов (рис. 5.3).



Рис. 5.3. Дома, собранные из напечатанных блоков

Компании Structur3D, Fab@Home, SMRC, Natural Machines, Biozoon, Dovetailed, f3d и Choc Edge, выпускающие продукты питания, для придания эффектного вида своим изделиям (в создании пасты, пиццы, печенья и прочей кондитерской продукции) также используют аддитивные технологии (рис. 5.4).



Рис. 5.4. Напечатанные кондитерские изделия

Несомненно, напечатанные с помощью аддитивных технологий трехмерные фигуры из сахара выглядят гораздо эффектнее, чем обычные кубики сахара (рис. 5.5).



Рис. 5.5. Фотография трехмерных фигур из сахара, напечатанных с помощью аддитивных технологий

Внедрение технологий трехмерной печати в различные виды производств стимулируется работой, как энтузиастов, так и государства, и бизнеса.

## 5.2. Отрасли применения аддитивных технологий

В подтверждении мнения о том, что аддитивные технологии – это динамично развивающаяся сфера материального производства. Консультант по вопросам индустрии Терри Волерс прогнозирует, что рынок 3D-печати вырастет с 6,7 млрд долларов в 2016 году до 1,13 трлн в 2040-м.

Рынок трехмерной печати имеет большие перспективы в производстве товаров широкого потребления, изделий, требующих быстрого изменения дизайна. По статистике компании затрачивают средства на опробование дизайна 5–10%, а на остальное производство изделия – 90–95%. Именно поэтому компании, занимающиеся трехмерной печатью, хотят занять этот сегмент рынка (связанный с конечным производством), хотя он технологически сложен для аддитивных технологий по сравнению с рынком моделей и прототипов.

Например, компания General Electric установила на своей фабрике (США, штат Алабама) 3D-принтер стоимостью 50 млн долларов, «печатающий» топливные форсунки для реактивного двигателя из сплава кобальта, хрома и молибдена. Топливная форсунка является сложным приспособлением для дозированной подачи топлива и его распыления в камере сгорания, которое должно выдерживать чрезвычайно высокие температуру и давление. Обычно она изготавливается из 20 элементов, сваренных вместе. Благодаря аддитивной технологии сопла печатаются единым блоком: путем добавления последовательных слоев материала в порошкообразной форме и сплавления с помощью лазера, управляемого компьютером.

Где же сегодня используются аддитивные технологии? На диаграмме, представленной на рисунке 5.6, представлен анализ рынка по решению различных задач с помощью трехмерной печати за 2012 год.

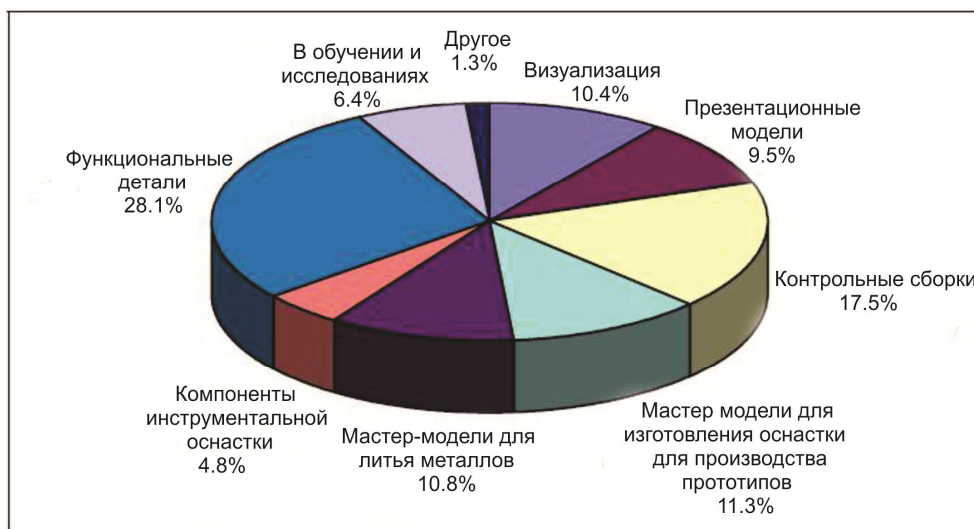


Рис. 5.6. Сферы применения аддитивных технологий



В последние годы наметилась тенденция по увеличению доли готовых к эксплуатации деталей изготовленных с помощью аддитивных технологий. Доля их от общего объема рынка изделий, изготовленных с помощью 3D-печати, в 2012 году составила 34% (рис. 5.7).

Аналитики в области экономики определяют интенсивность развития аддитивных технологий как индикатор индустриального развития государства. США являются лидером в использовании трехмерной печати в различных производствах. Процентное соотношение проданных 3D-принтеров по странам мира в 2012 году представлено на рисунке 5.8.

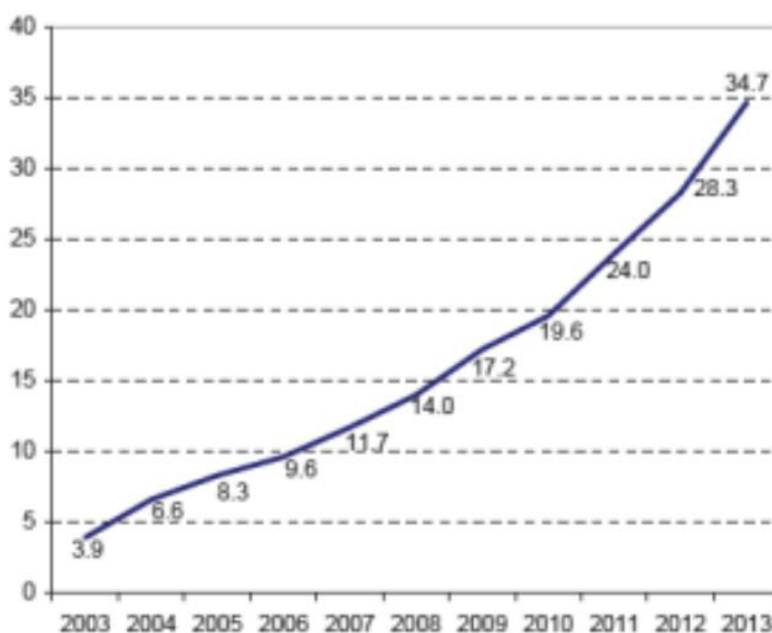


Рис. 5.7. Динамика роста доли деталей готовых к эксплуатации, изготовленных с помощью аддитивных технологий

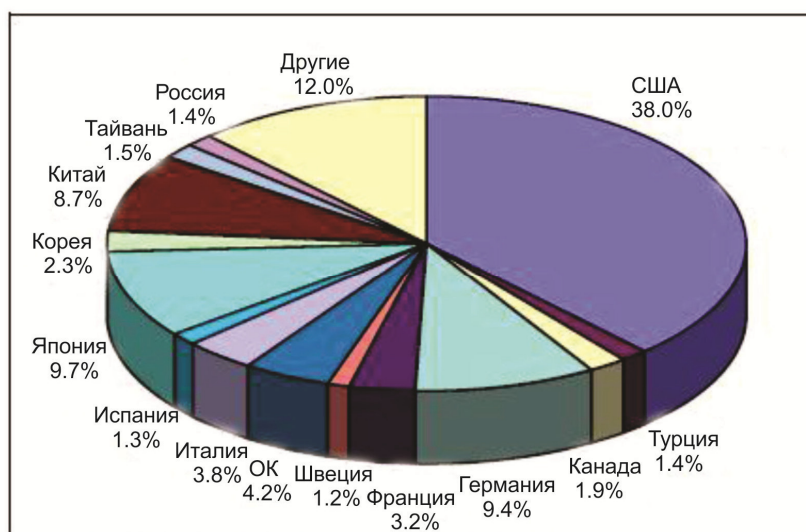


Рис. 5.8. Соотношение проданных 3D-принтеров по странам мира

На рисунке 5.9. представлена диаграмма, демонстрирующая отрасли производства, в которых наблюдалось наиболее заметное использование аддитивных технологий в 2012 году.

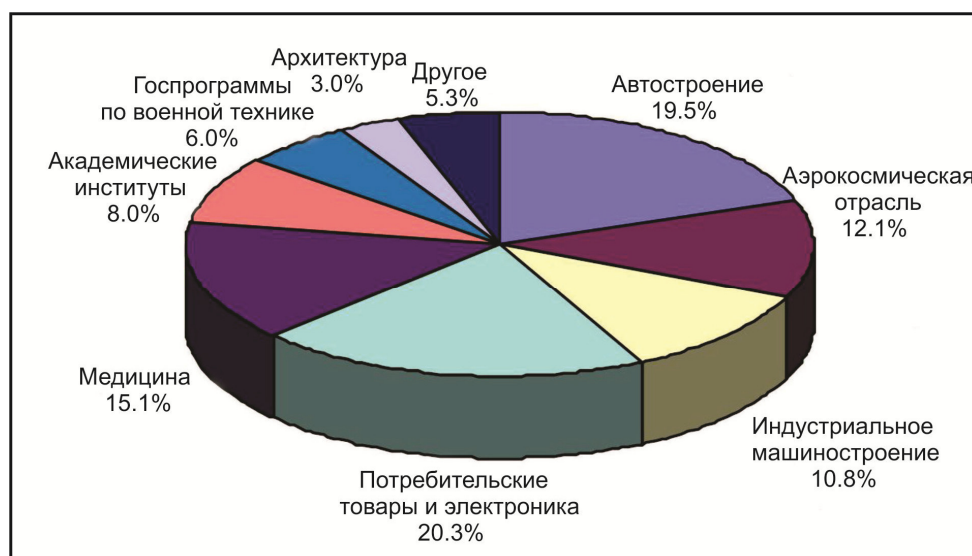


Рис. 5.9. Соотношение отраслей производства с наиболее заметным использованием аддитивных технологий в 2012 году

Проведение тестирования в рабочей обстановке и для дальнейшей сертификации деталей машин, используемых в аэрокосмической отрасли, производится в значительной мере с использованием аддитивных технологий. Сегодня с помощью 3D-печати изготавливается более двадцати тысяч деталей для десяти типов гражданских и военных самолетов. По данным представителей компании «Boeing» в ближайшее время планируется производство беспилотного самолета, изготовленного полностью с помощью аддитивных технологий.

По данным компании ASTM International 2012 года аддитивные технологии можно разделить на семь категорий:

- Sheet Lamination – послойное формирование изделия из листовых строительных материалов;
- Powder Bed Fusion – последовательное формирование слоев порошковых строительных материалов и выборочное спекание частиц строительного материала;
- Vat Photopolymerization – послойное отверждение фотополимерных смол;
- Directed energy deposition – послойное формирование изделия методом внесения строительного материала непосредственно в место подвода энергии;
- Material Extrusion – послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер;

- Material Jetting – послойное струйное нанесение строительного материала.
- Binder Jetting – послойное струйное нанесение связующего материала.

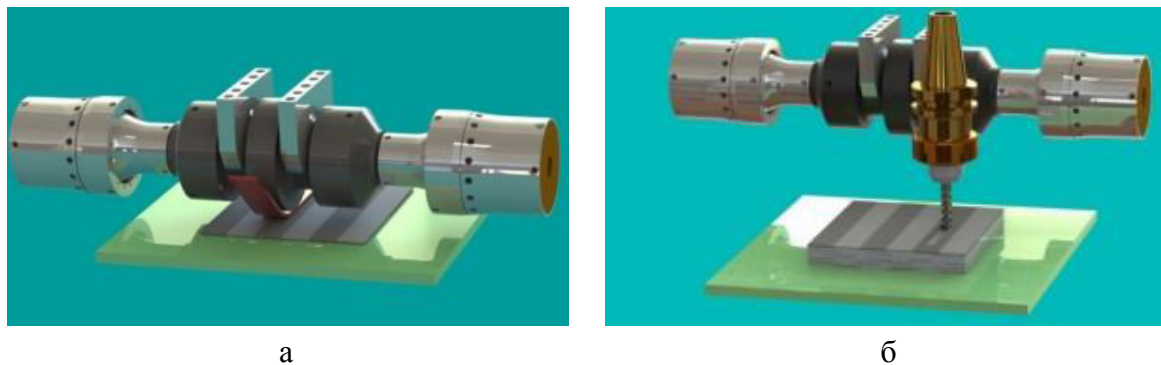


Рис. 5.10. Технология (UAM):  
а – ультразвуковая сварка, б – фрезерование

Категория Sheet Lamination предусматривает использование в качестве строительного листового материала металлической фольги, полимерной пленки, листов бумаги. В качестве примера можно представить технологию Ultrasonic Additive Manufacturing, (UAM). Представленная технология предполагает сваривание с помощью ультразвука тонких металлических пластин, после чего «лишний» металл удаляется фрезерованием (рис. 5.10).

Технология Laminated Object Manufacturing (LOM), представленная на рисунке 5.11, стала одной из первых, применяемых в промышленном производстве модельной оснастки с использованием 3D-печати.

В процессе производства в качестве модельного материала используется бумага с полимерным покрытием. Бумага укладывается на платформу и каждый слой сплавляется с предыдущим с помощью нагретого ролика. Затем лазерный луч отрезает деталь по контуру сечения CAD-модели от остальной части листа бумаги.

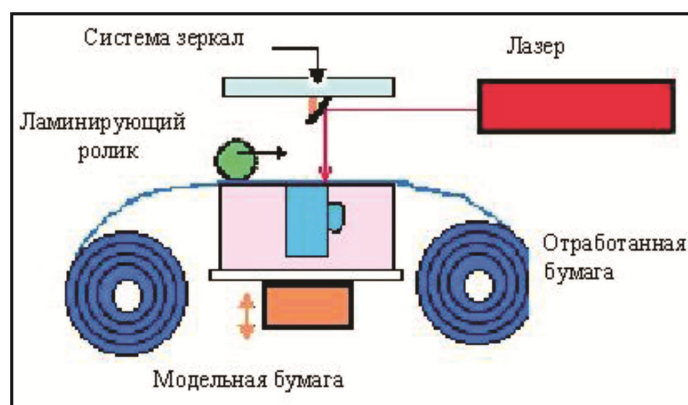


Рис. 5.11. Технология (LOM)

В оборудовании ирландской компаний Mcor и японской компании Kira в качестве строительного материала используется клей и бумага, а вместо лазера – нож с износостойким покрытием. На рисунке 5.12 представлен принтер Mcor Iris. Данное оборудование оснащено цветными картриджами, что делает его полноценным цветным 3D-принтером.

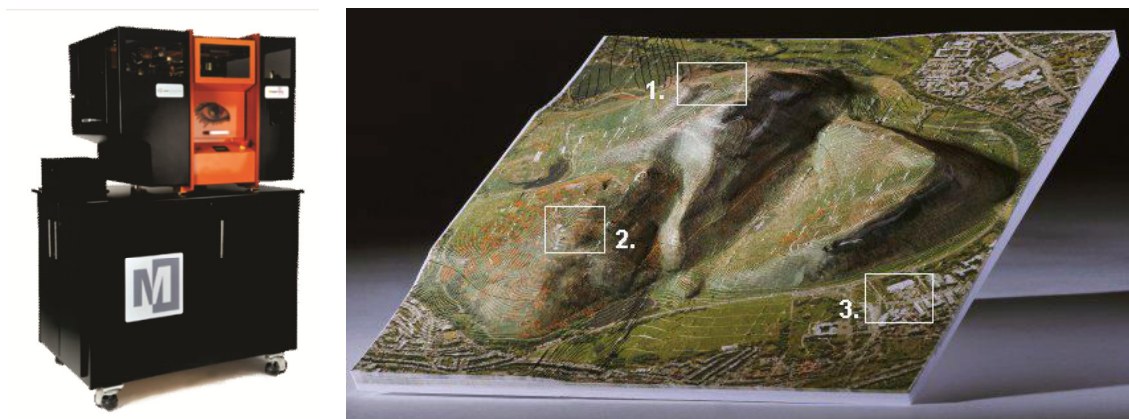


Рис. 5.12. Технология Sheet Lamination.  
Принтер Mcor Iris: построения XYZ=256×169×150 мм; толщина слоя 0,1 мм

Powder Bed Fusion категория включает в себя большую группу SLS-технологий Selective Laser Sintering, в работе которых используется в качестве источника тепла – лазер (рис. 5.13).

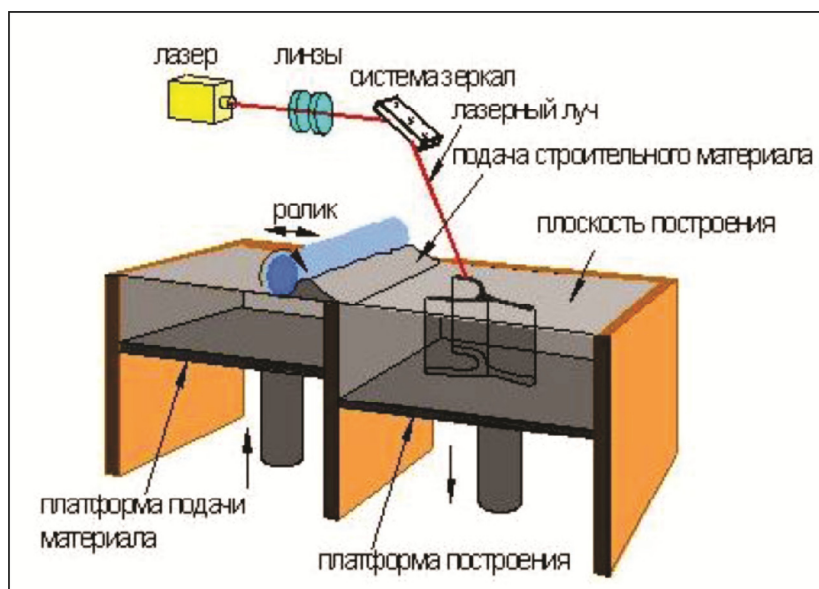


Рис. 5.13. Технология (SLS)

К выше упомянутой категории относят технологию Selective Heat Sintering (SHS), в работе которой в качестве источника тепла используют ТЭНы, а также Arcam-технологию, в которой применяется электронный луч.

Vat Photopolymerization категория включает в себя технологии, в работе которых используются жидкие модельные материалы – фотополимерные смолы. В качестве примера можно взять технологию Stereolithography Apparatus (SLA) (рис. 5.14).

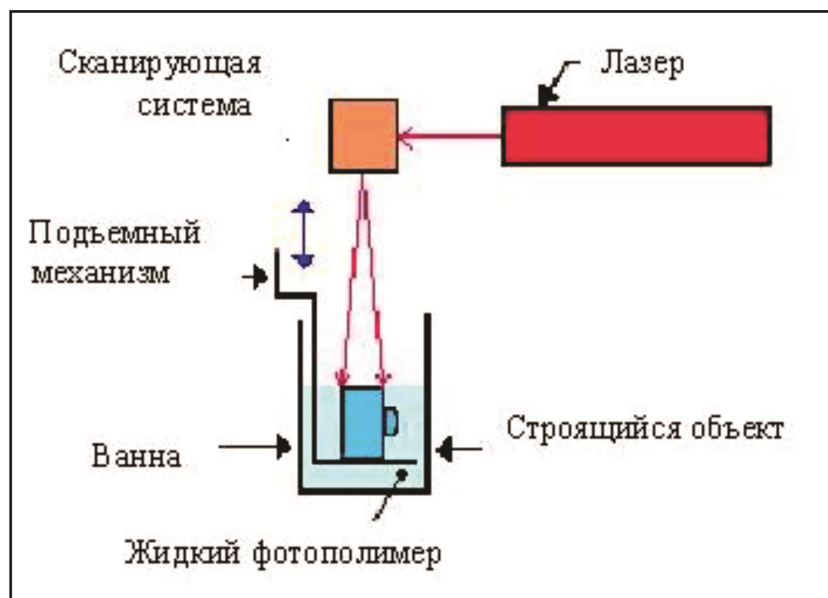


Рис. 5.14. Технология (SLA)

Категория Directed energy deposition включает в себя технологии, относясь с которыми строительный материал и энергия для его сплавления подводятся к месту построения изделия одновременно (рис. 5.15).

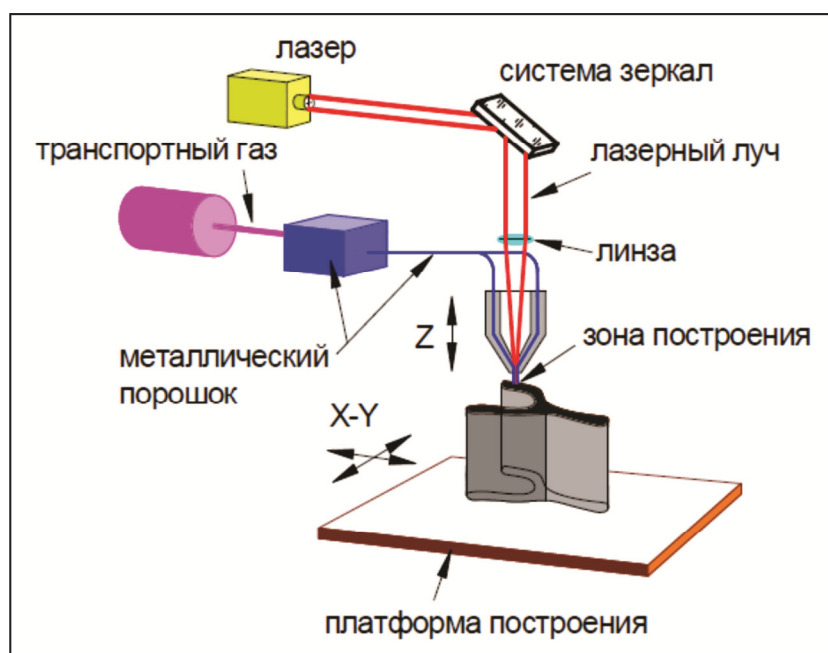


Рис. 5.15. Технология, в которой строительный материал и энергия для его сплавления подводятся одновременно к месту построения изделия

Указанные технологии, как правило, оснащаются системами подвода строительного материала и энергии в виде электронного луча или сфокусированного лазерного излучения. Довольно часто рабочий механизм – головку – размещают на промышленных роботах (рис. 5.16).

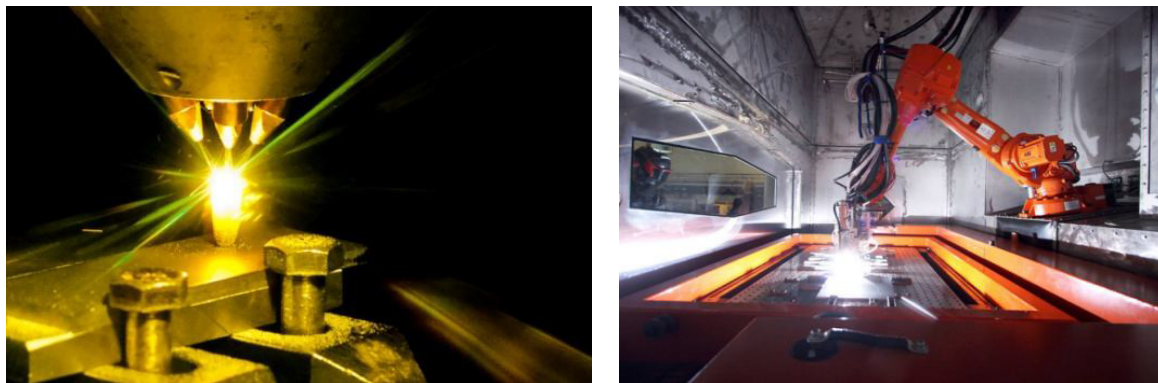


Рис. 5.16. Технологии Directed Energy Deposition

К категории Material Extrusion относят такую известную технологию как Fused Deposition Modeling (FDM), которая реализуется американской компанией Stratasys производящей множество моделей 3D-принтеров как любительских, так и профессиональных. Полимерная нить подводится к экструдеру, где она расплавляется и с помощью нее формируют физическую модель в соответствии с САД-моделью (рис. 5.17).

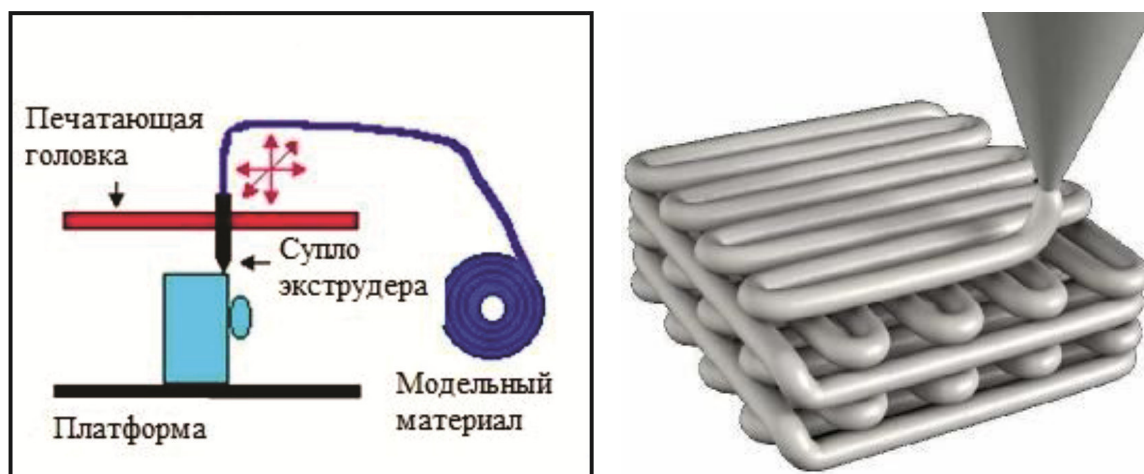


Рис. 5.17. Схема технологии Fused Deposition Modeling (FDM)

Технология Multiphase Jet Solidification (MJS) также относится к категории Material Extrusion. В процессе использования этой технологии в место построения модели через подогреваемый экструдер выдавливается пастообразный строительный материал. Строительным материалом является смесь металлического порошка и связующего – пластификато-

ра. Созданную таким методом модель помещают в печь для дальнейшего спекания и удаления связующего.

В качестве примера технологии из категории Material Jetting может служить технология Multi Jetting Material (MJM). В представленном производстве в качестве модельного материала используется воск или фотополимер, который подается в зону построения через многоструйную головку. Представленная технология применяется в 3D-принтерах израильской компании Objet (рис. 5.18).

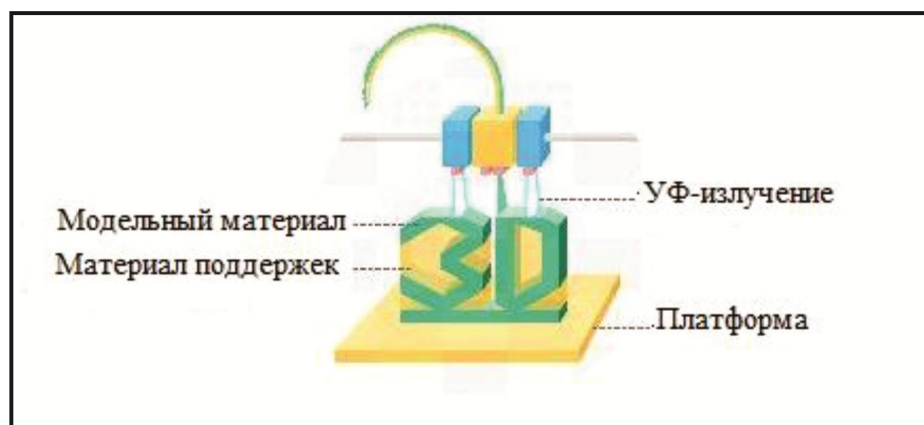


Рис. 5.18. Схема технологии Multi Jetting Material (MJM)

Представленный на рисунке 5.19 3D-принтер Objet500 Connex3 может производить цветную печать, кроме того, он работает с тремя видами модельных материалов, имеющих различные свойства, а также способен смешивать их в нужной пропорции во время построения модели и получать композитные модели в различной цветовой гамме.

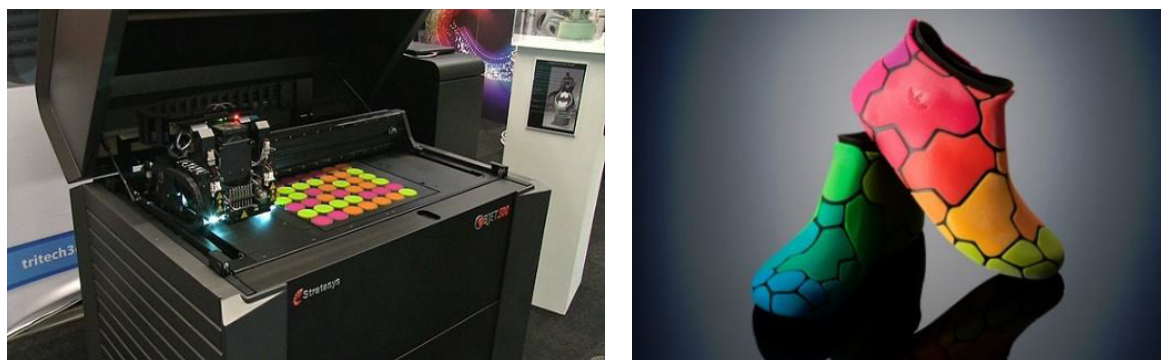


Рис. 5.19. Принтер Objet500 Connex3: зона построения XYZ=490×390×200 мм; шаг построения 0,016–0,030 мм

К категории Material Jetting также относится технология Drop-on-Demand (DoD) которую впервые использовала американская компания Solidscape. В 2011 году представленная технология была приобретена компанией Stratasys. Как и в 3D-принтерах Objet здесь используют два

вида материала. Это модельный – воск, подаваемый в зону построения в расплавленном виде, и поддерживающий – который смывается теплой водой после построения модели. Принтер оснащен фрезерной головкой, с помощью которой производят «механообработку» построенного слоя, обеспечивая его необходимую высоту, удаляя излишки модельного и поддерживающего материалов. Представленное оборудование оснащено фрезерной головкой, благодаря которой производится «механообработка» построенного слоя, коррекция его до нужной величины путем удаления лишнего модельного и поддерживающего материала (рис. 5.20).

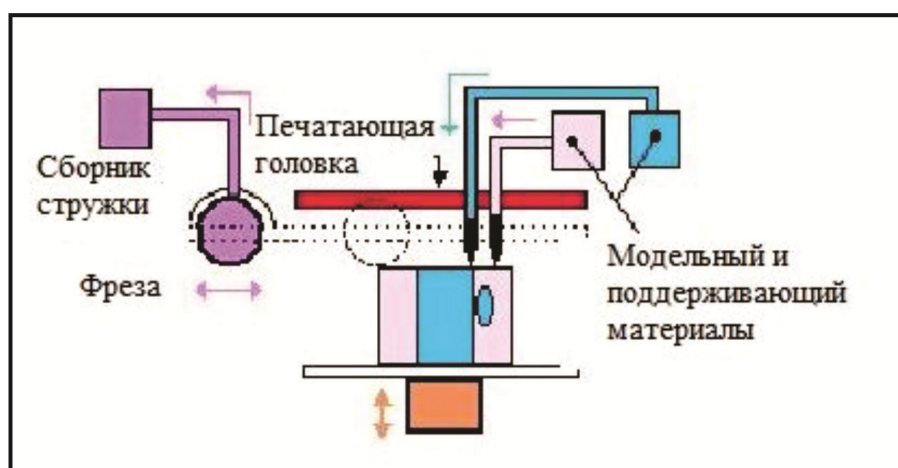


Рис. 5.20. Технология (DoD)

Представленная технология используется в стоматологической медицине и в ювелирной промышленности (рис. 5.21).



Рис. 5.21. Принтер CrownWorx: зона построения XYZ=152,4×152,4×50,8 мм; толщина слоя 50 мкм. Технология WDM

Категория Binder Jetting включает в себя струйные технологии или Ink-Jet-технологии, при которых в отличие от технологии Material Jetting в зону построения впрыскивают не модельный материал, а связующий



реагент. Представленная технология была разработана в Массачусетском технологическом институте и используется в 3D-принтерах компаний ZCorporation, ExOne, VoxelJet (рис. 5.22).

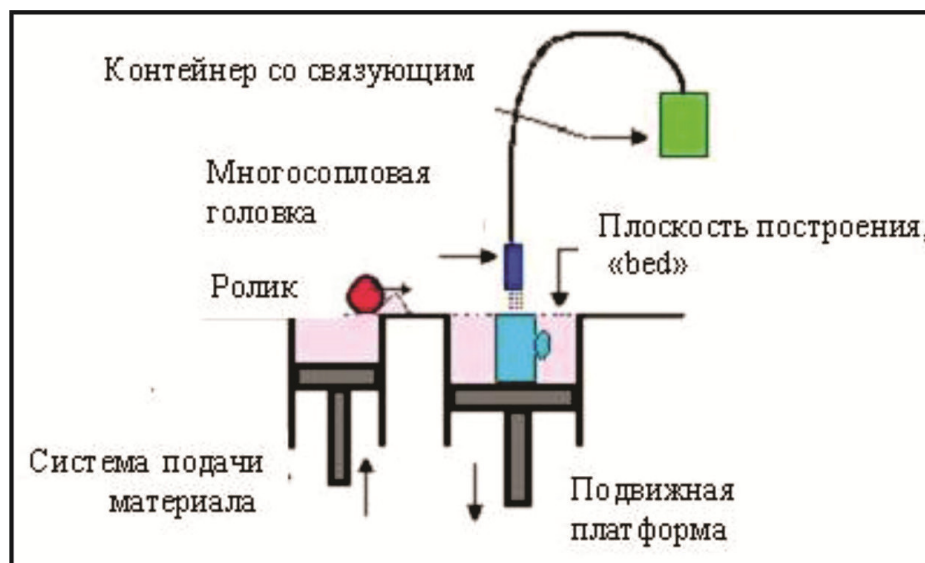


Рис. 5.22. Технология Binder Jetting

Ежегодно на рынке услуг 3D-печати появляются новые компании и новые технологии. Некоторые компании не выдерживают конкуренции и прекращают свою деятельность, некоторые уходят под защиту крупных концернов, а некоторые занимают свою нишу. 3D-принтеры перестали иметь статус «недоступной роскоши». В продаже появились модели стоимостью до 1,5 тыс. долларов, которые может приобрести не только университет или научная лаборатория, но и обычная семья, увлекающаяся моделированием.

### 5.3. Современные технологии металлообработки

Для выделения основных технологий металлообработки необходимо определиться с понятием изделия – результатом процесса обработки заготовки за счет различных технологий по определенным установленным требованиям, ГОСТам. Понятие *изделие* имеет широкий диапазон значений. По ГОСТу 2.101-68 изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Установлены следующие виды изделий:

- детали;
- сборочные единицы;
- комплексы;
- комплекты.

Конструкция изделия основывается на его проекте. Проектирование изделия предшествует его конструированию, конструирование – это создание конкретной, однозначной конструкции изделия. Конструирование опирается на результаты проектирования и уточняет все инженерные решения, принятые при проектировании.

На этапе конструирования происходит разработка конструкторами корпуса, внутренних комплектующих изделия, определение технологий изготовления различных деталей, анализ особенностей сборки продукта и подготовки его для серийного производства, а также разработка конструкторской документации.

Самой распространенной операцией по разделению листового металла является резка металла. Резкой металла называется разрезание (разделение) исходного материала (стального листа) металла на части или получение деталей и заготовок определенной формы.

Существуют два основных вида резки металла:

1. Технологии резки металла при помощи *механического воздействия*:

- разрезание ножницами;
- распиливание;
- сверление;
- фрезерование;
- штамповка и др.

2. Основные технологии резки металла при помощи *струи или термического воздействия*:

- гидроабразивная резка;
- лазерная резка;
- криогенная резка;
- резка методом электрической эрозии;
- газовая кислородная резка;
- плазменная резка (плазменно-дуговая, резка плазменной струей);

Рассмотрим более подробно виды резки металла при помощи струи или термического воздействия.

**Гидроабразивная резка** происходит с помощью струи воды, смешанной с абразивным материалом. Вода с абразивными частицами подается струей под большим напором (рабочее давление около 3800 бар), диаметром около 1,0 мм и оказывает эрозионное воздействие на обрабатываемый материал.

Маленький диаметр струи позволяет выполнить практически любую конфигурацию заготовки или детали и любой радиус закругления. Струя воды при гидроабразивной резке не создает прямого давления на обрабатываемую поверхность материала, а вследствие отсутствия деформация и не появляется неровностей кромки.

Таким образом, рез получается высокого качества, не требующий последующей доработки. Габаритный размер зоны резки 1500×3000 мм. В качестве гидроабразива используется граналит, красный песок.

Толщина обрабатываемого материала приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1

**Толщина обрабатываемого материала  
при гидроабразивной резке**

№	Материал	Минимальная толщина, мм	Максимальная толщина, мм
1	Черная сталь, конструкционная	1,0	50,0
2	Нержавеющая сталь	1,0	40,0
3	Цветные металлы и сплавы (медь, никель, алюминий, магний)	1,0	100,0
4	Другие материалы (стекло, камень, керамика, дерево, гранит, композиционные материалы)	1,0	140,0

Преимущества гидроабразивной резки:

- универсальная для различных материалов (металл (конструкционная сталь, нержавеющая сталь, титан, алюминий, бронза и т.д.) стекло, камень, керамика, дерево, гранит, углеволоконный композиционный материал);
- меньше отходов материала;
- низкая температура реза 60–90°С (заготовка не деформируется, нет оплавления и пригорания кромок на обрабатываемых деталях);
- срез не требует дополнительной обработки металла, что позволяет воспроизводить сложные контуры, с любым радиусом закругления;
- возможность изготовления мелких деталей, т.к. диаметр струи около 1,0 мм;
- возможность обработки стали пакетами (из-за отсутствия приваривания, прилипания одного слоя к другому), что позволяет увеличивать производительность, в том числе за счет уменьшения количества холостых ходов головки;
- безопасность технологии (полная пожаро- и взрывобезопасность).

Недостатки гидроабразивной резки:

- низкая скорость реза на малой толщине. Решается путем пакетирования, обработки нескольких слоев материала.
- конусность (из-за ослабления струи, при прохождении через толщу материала), кромка среза перпендикулярная поверхности детали. Решается путем уменьшения скорости реза.

На рис. 5.23 приведен пример изделий, полученных с помощью гидроабразивной резки.

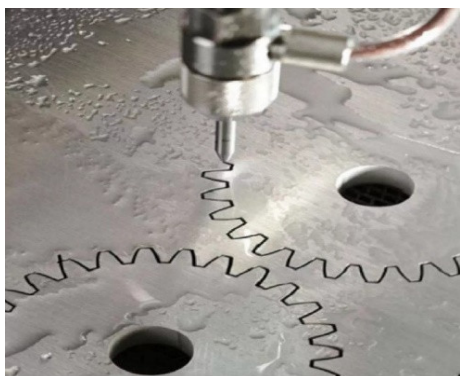


Рис. 5.23. Изделия. Метод изготовления: гидроабразивная резка

Лазерная резка происходит с помощью лазерного луча высокой мощности. Лазерная резка позволяет кроить практически любые материалы. В процессе резки, под воздействием сфокусированного лазерного излучения материал в обрабатываемой зоне плавится, возгорается, испаряется и удаляется из зоны расплава струей газа (рис. 5.25).

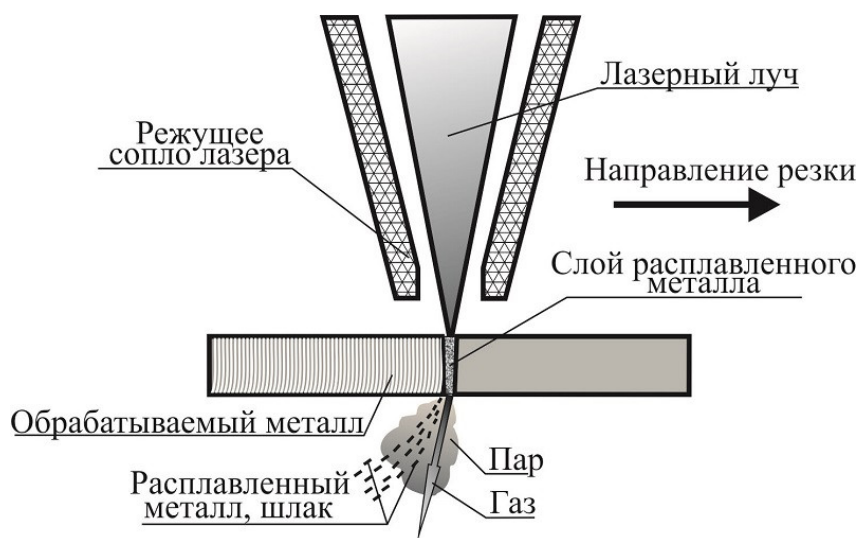


Рис. 5.25. Процесс лазерной резки металла

Минимальная толщина обрабатываемого листа 0,8 мм, максимальная толщина для нержавеющей стали 5,0 мм, для обычной черной стали до 10 мм. Максимальный размер обрабатываемого листа 1500×3000 мм. Параметры лазерной резки приведены в таблице 5.2.

Преимущества:

- узкие резы с минимальной зоной термического влияния, вследствие этого уменьшаются тепловые деформации;
- высокая производительность и точность (до 0,05 мм), хорошее качество поверхности реза;
- возможность обрабатывать сложные и объемные контуры, за счет легкого управления лазерным излучением.

### Параметры лазерной резки

№	Наименование	Мощность лазера P = 5 кВт, толщина, мм	Наименование	Мощность лазера P = 1,5 кВт, толщина, мм
	<b>металлы</b>		<b>другие материалы</b>	
1	углеродистые и легированные стали	до 40	пластмасса	2
2	нержавеющая сталь	25	фанера	3–4,5
3	медь	5	высушенная сосна	2
4	латунь	12	ДСП	1,5
5	сплавы алюминия	12	ДВП	6
6			стекло	0,5–5
7			асбест, металлоасбест, паронит	1,5

На рис. 5.26 приведены фотографии изделий, изготовленные с помощью лазерной резки

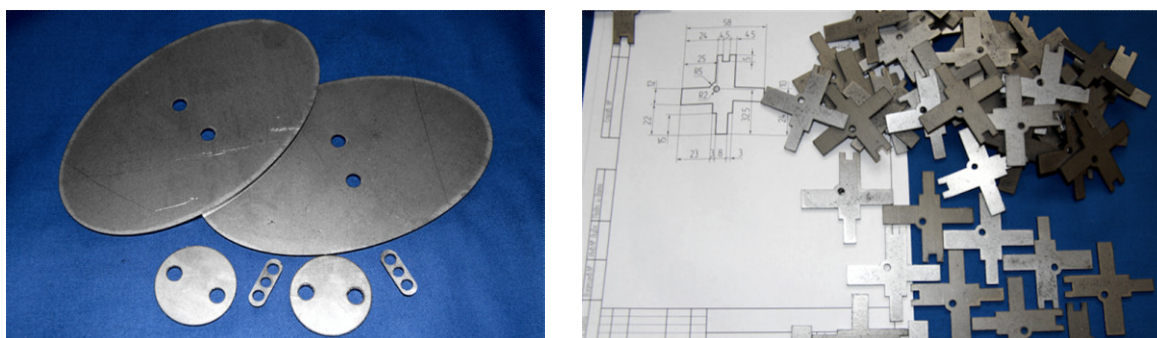


Рис. 5.26. Материал сталь углеродистая обыкновенного качества холоднокатаная (ст 08пс х/к). Метод изготовления: лазерная резка

Криогенная резка металла. Суть процесса: струя жидкого азота, выбрасываемая под высоким давлением, режет твердый материал как раскаленный нож – масло, а затем исчезает в воздухе. Струя жидкого азота, выбрасываемая из специального сопла, хорошо режет материал, так как сжиженный газ, проникая в мельчайшие трещины, быстро там расширяется и разрывает его изнутри. Эффективность процесса зависит от давления (от 400 до 4000 кг/см<sup>2</sup>), температуры (от –150°С до –179°С) и расстояния до изделия. При низком давлении струя счищает трудноудаляемые покрытия с хрупких поверхностей лучше, чем любой другой инструмент.

Более того, криогенный нож не создает отходов и загрязнений. При нагреве нетоксичное сверхохлажденное лезвие просто растворяется

в воздухе. Вредная пыль, образующаяся при зачистке и разрезании, может быть удалена непосредственно с точки контакта.

Габариты промышленной передвижной установки Nitrojet – 1,2×1,2×2,4 м. Ее стоимость колеблется от \$200 тыс. до \$450 тыс. в зависимости от используемого давления (рис. 5.27).

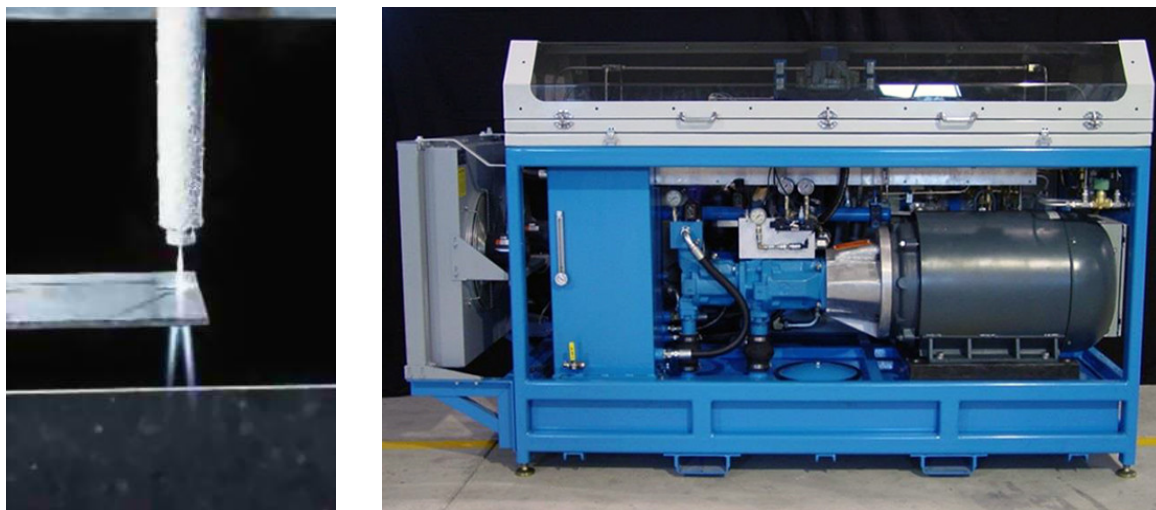


Рис. 5.27. Передвижная установка Nitrojet для криогенной резки

Преимущества струйной резки жидким азотом:

- резка всех видов материалов;
- возможность применения высокой скорости реза;
- практически неограниченная толщина разрезаемого материала;
- высокое качество реза металлов больших толщин;
- относительная безопасность процесса для человека;
- безопасность технологии для окружающей среды.

Резка методом электрической эрозии.

Электроэрозионная обработка, также называемая электроэрозия, основывается на вырывании частиц с поверхности металла импульсом электрического разряда. Принцип электроэрозионной резки заключается в самой технологии – электроэрозии металла. Генератор вырабатывает высокочастотные импульсы электрического тока на электрод (молибденовую проволоку), одновременно направляющие перемещают с помощью ЧПУ заготовку в необходимых направлениях. Искровые разряды выжигают металл, который смывается специальной охлаждающей жидкостью. В этом процессе проволока так же перемещается перпендикулярно относительно барабанов, на которые она намотана.

Электроискровая обработка дешевле в эксплуатации по сравнению с механической, поскольку в качестве инструмента применяется проволока. Металл режет молибденовая проволока диаметром 0,18 мм, не вступая в механический контакт с заготовкой.

Некоторые преимущества электроэрозионной обработке металла в ряде случаев:

- низкая себестоимость;
- обработка металлов повышенной твердости;
- вырез детали с острыми углами сверхмалых радиусов;
- большая глубина обработки;
- высокая точность обработки.

Этот метод позволяет резать металл толщиной 300 мм. Электроэрозионный станок отличается высокой точностью обработки (рис. 5.28). К недостаткам можно отнести низкую скорость резания.

Газовая кислородная резка.

Тяжелые сварные элементы состоят из листов большой толщины, достигающей до 40–50 мм. Для резки таких листов требуются мощные, дорогостоящие ножницы, стоимость заменяющего их оборудования для кислородной резки-полуавтомата (секатора) невелика.

Кроме дешевизны оборудования, кислородная резка обладает и другими важными достоинствами, способствующими расширению ее применения: универсальностью, высоким качеством реза, простотой обращения с аппаратурой и ее небольшим весом, позволяющим подносить ее к громоздким элементам вместо транспортирования металла к месту резки и др. Применение кислородной резки целесообразно как на высокомеханизированных заводах, так и в условиях мастерских и монтажных площадок.

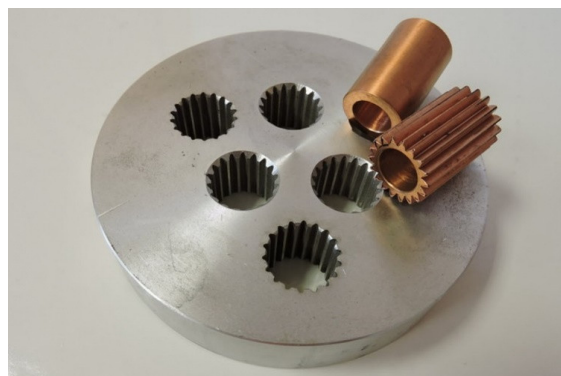
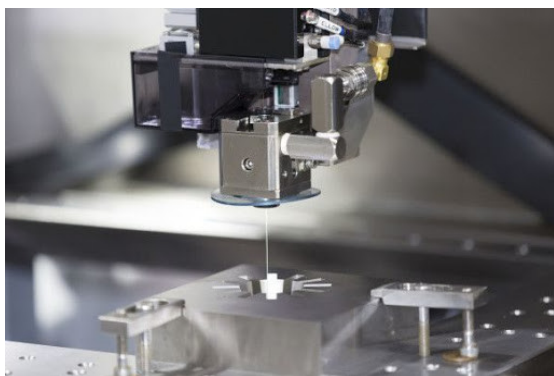


Рис. 5.28. Электроэрозионная обработка металла

В способах газовой резки источником нагрева металла является газовое (кислородное) пламя, а источники электрической энергии не используются. При кислородной резке металл удаляется из зоны реза в результате его сгорания в струе чистого кислорода и выдувания этой струей образовавшихся оксидов.

Резка выполняется полуавтоматами, автоматами и ручными резаками. Процесс кислородной резки основан на свойстве металла, нагретого до температуры воспламенения, интенсивно гореть в струе кислорода.

Резак для кислородной резки имеет два сопла: наружное, по каналам которого поступает горючая смесь, образующая подогревающее пламя, и внутреннее, по которому к месту резки под давлением 2–6 атм подается струя чистого кислорода. Металл в месте разреза предварительно нагревается подогревающим пламенем до температуры сгорания, которая для малоуглеродистой стали составляет 1050–1100°C. Вслед за тем металл воспламеняется режущей струей кислорода, сгорает в ней и окислы его выдуваются из полости реза. При этом нагревание и сгорание металла происходит на узком (шириной 2–3 мм) участке линии реза, по которой перемещается резак (рис. 5.29).

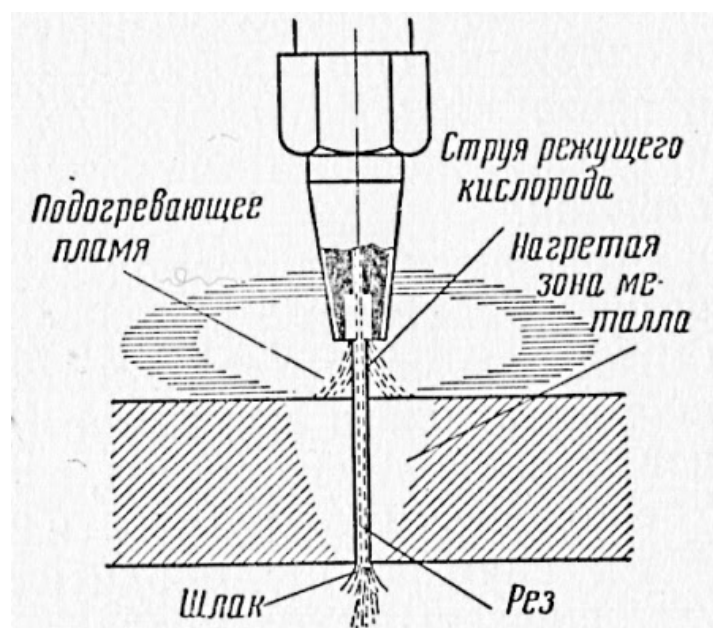


Рис. 5.29. Процесс газовой кислородной резки

Цветные металлы и их сплавы, чугуны, нержавеющие хромистые и хромоникелевые стали невозможно разрезать обычной газокислородной резкой. Для этого надо использовать плазменно-дуговую, а лучше кислородно-флюсовую резку. Данная резка применяется, главным образом, для работы с чугуном и высоколегированными сталями толщиной до 70 мм.

Резка плазменной струей.

При резке плазменной струей разрезаемый металл не включается в электрическую цепь дуги. Дуга горит между концом вольфрамового электрода и внутренней стенкой охлаждаемого водой наконечника плазматрона. Сущность резки плазменной дугой заключается в сплавлении металла струей плазмы и выдувании расплавленного металла из зоны реза.

Скорость резки плазменной струей зависит от свойств разрезаемого металла и от параметров и режима резки (сила тока, напряжение, расход



газа). Резка плазменной струей производится как ручным, так и механизированным способом.

Для плазменно-дуговой резки применяется специальное оборудование, которое питается электрической энергией. Основным элементом при плазменной резке является режущий плазматрон. В ручном плазматроне имеется устройство для управления рабочим циклом резки – подачей и перекрытием газов, зажиганием вспомогательной дуги.

На рисунке 5.30 схематически представлен процесс резки плазменной струей. Питание осуществляется от источника постоянного тока 3. Минус подводится к вольфрамовому электроду 4, а плюс к медному соплу 2, которое охлаждается водой. Дуга 6 горит между электродом и соплом и выдувается газовой смесью из внутренней полости мундштука 5 с образованием струи плазмы 1, которая проплавляет разрезанный металл 7. В качестве плазмообразующего газа используются в основном аргон и смесь аргона с азотом. Плазменная струя применяется при резке тонкого металла.

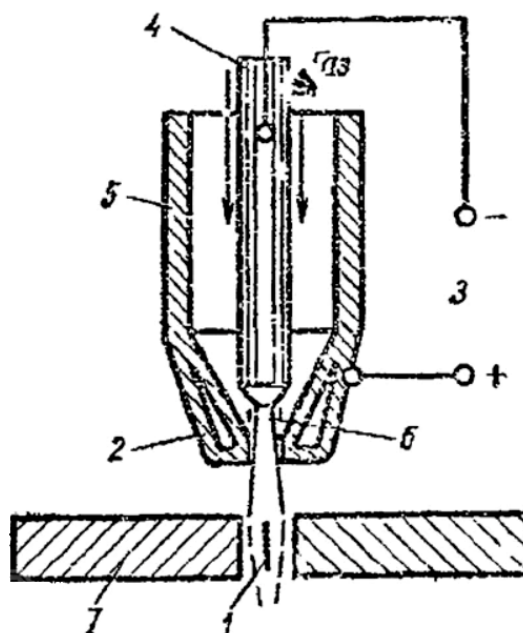


Рис. 5.30. Процесс резки плазменной струей

Сравнение основных видов резки: лазерной резки с кислородной, плазменной и гидроабразивной резкой представлено в таблице 5.3.

Чтобы из металлической заготовки выточить нужную деталь или инструмент, применяются установки, обрабатывающие материал фрезами. Принцип работы прост:

- изделие зажимают, чтобы она оставалась неподвижной;
- устанавливается фреза заданной формы и размера;
- выполняется обработка по разметке.

Таблица 5.3

**Характеристика лазерной резки по отношению к другим видам резки (кислородной, плазменной и гидроабразивной)**

№	Наименование	Характеристика лазерной резки по отношению к		
		кислородной	плазменной	гидроабразивной
1	Типичная ширина реза (мм)	меньше в разы и десятки раз		
2	Качество	сильно превосходит	сильно превосходит	сильно превосходит
3	Зона термического влияния	превосходит	превосходит	превосходит
4	Ограничение по максимальной толщине металла	уступает	уступает	уступает
5	Производительность резки тонкой стали (до 6 мм, без пакетной резки)	меньше	меньше	меньше
6	Стоимость оборудования	меньше	меньше	меньше
7	Стоимость обслуживания	больше	больше	больше

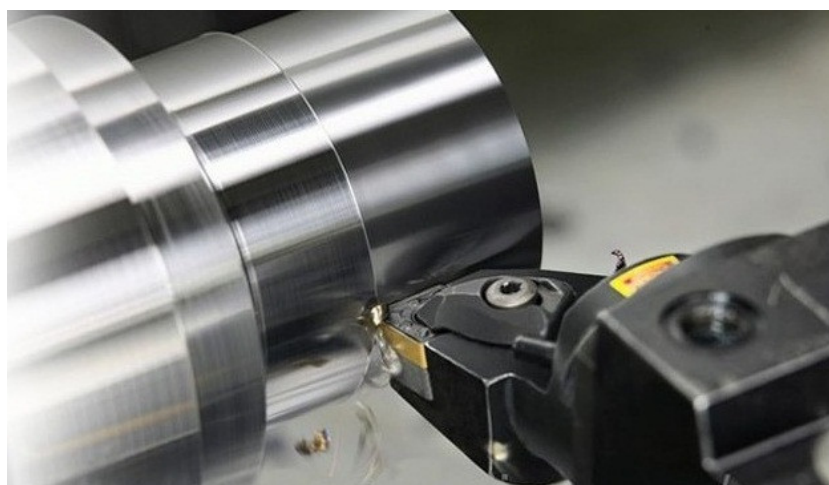


Рис. 5.31. Фрезеровка металла

Как только фреза доводит изделие до нужных параметров, станок отключают. На автоматических моделях выключение производится по программе. Суть методики – снятие слоя материала – «припуска». Процесс позволяет изготовить изделия сложной формы, выполнить на поверхности канавки, пазы или шипы, и даже нанести на табличку надпись. Фрезерование – метод, с помощью которого изготавливаются нестандартные изделия.

Энергосберегающие методы пластического деформирования металлов.

Технология обработки металлов давлением, кроме повышенного коэффициента использования металла, обладает и другими существенными достоинствами:

- в результате пластического деформирования улучшается макро- и микроструктура изделия;
- производительность оборудования для штамповки в разы превышает аналогичный показатель для металлорежущих станков;
- после обработки давлением повышается прочность металла, возрастает его стойкость от динамических и ударных нагрузок.

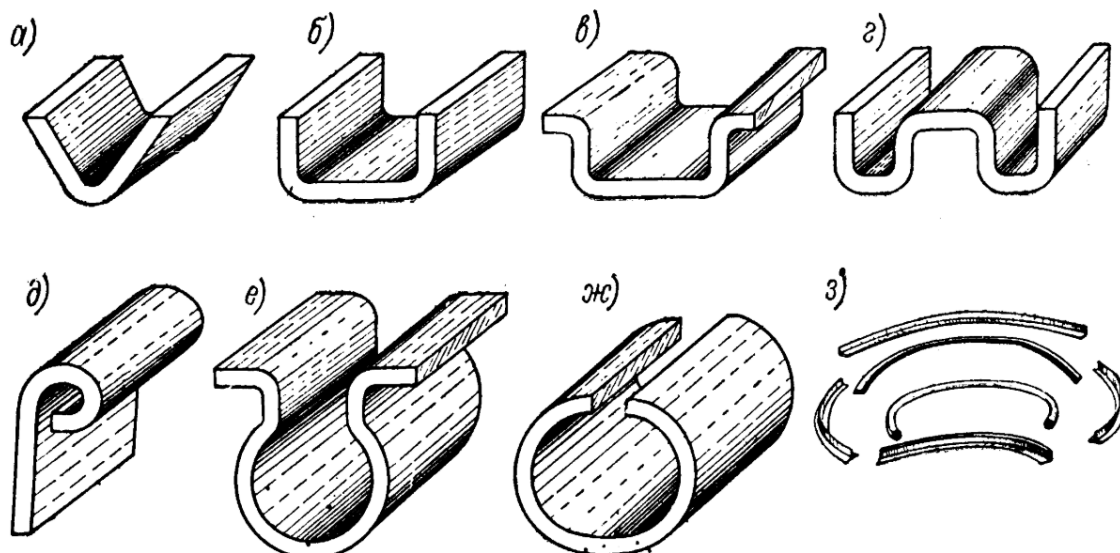


Рис. 5.32. Виды гибок: одноугловая или V-образная (рис. 1а), двухугловая или U-образная (рис. 1б), многоугловая (рис. 1в, г); криволинейная (рис. 1д, е, з) и позволяющая получать изделия типа труб (рис. 1ж)

Прогрессивные процессы холодной и полугорячей штамповки – дорнование, точная резка, выдавливание, ультразвуковая обработка, штамповка в состоянии сверхпластичности, жидкая штамповка. Многие из них реализуются на автоматизированном оборудовании, оснащаемом компьютерными системами контроля и управления. Точность изготовления штампованных изделий во многих случаях не требует последующей их доводки – правки, шлифования и т.д.

Гибка листового металла – одна из распространенных операций холодного и горячего деформирования. Она отличается малой энергоемкостью, и при правильной разработке техпроцесса позволяет успешно производить из плоских заготовок пространственные изделия различной формы и размеров.

Гибка определяется как процесс обработки металлов давлением, в результате которого изменяется продольная ось деформируемой заготовки. Различают следующие варианты реализации гибки (рис. 5.32).

- Все эти разновидности могут выполняться следующими способами:
- гибка калибрующим ударом;
  - свободной гибкой, при которой центр симметрии заготовки не фиксируется, а сама гибка металла происходит путем нажима рабочего

инструмента – пуансона на поверхность изгибаемой заготовки. Конфигурация деформированной заготовки зависит от формы пуансона (рис. 5.33);

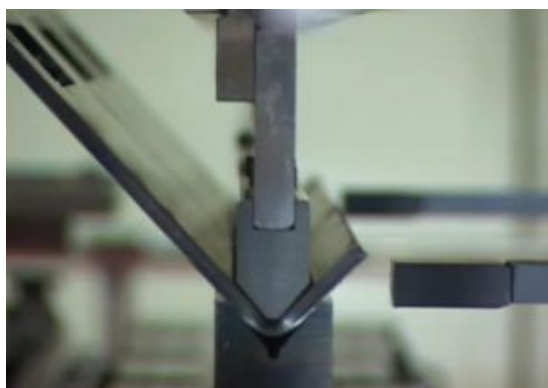
- гибка калибрующим ударом, при которой заготовка укладывается в матрицу. Конфигурация матрицы и определяет конечную форму заготовки;
- в роликовых матрицах, когда поворачивающиеся части рабочего инструмента постепенно формируют ось изогнутой заготовки.

Характерная особенность гибки – резко различное положение сетки макроструктуры в зависимости от направления гибки. Поэтому для мало- и среднепластичных металлов и сплавов направление волокон существенно важно: при совпадении такого направления с направлением перемещения оси деформируемой заготовки разрушение ее в ходе штамповки маловероятно. В противном случае происходит расслаивание частиц в некоторых объемах заготовки; в таких ситуациях гибка металла считается неисправимым браком.

Параметры гибки и их определение.

Для выяснения принципиальной возможности гибки заготовки из конкретного металла или сплава требуется знать:

- величину предельного радиусагиба, и сравнения его с фактической толщиной деформируемой заготовки;
- направление волокон прокатки;
- исходное значение предела текучести металла;
- допускаемые отклонения формы готового изделия после гибки.



а) Гибка калибрующим ударом



б) Гибка тонколистового металла

Рис. 5.33. Дефекты и трудности при гибке

Гибка малопластичных сталей (в частности, содержащих более 0,5% С) усложняется, главным образом, из-за явления пружинения – несоответствия конфигурации готовой детали требованиям чертежа. Пружинение – основная проблема при разработке технологического процесса гибки.

Суть явления состоит в упругом последствии материала после снятия рабочей нагрузки. В результате форма заготовки искажается (в некоторых случаях фактический угол пружинения может достигать до 12–15 градусов, что впоследствии резко сказывается на точности сопряжения гнутой детали со смежной).

Пружинение ликвидируют или уменьшают использованием следующих технологических приемов:

Сортовой прокат.

В машиностроении, строительстве, на транспорте широко применяется металлический прокат: листы, полосы, ленты, рельсы, балки и т.д. Его получают в результате обжатия слитка металла в горячем или холодном состоянии между вращающимися валками прокатного стана. Таким образом, обрабатывают сталь, цветные металлы и их сплавы.

Сортовой прокат различают по форме и размерам поперечного сечения, по отделке поверхности и термической обработке, которой подвергался данный вид проката, т.е. отожженный прокат, без отжига, нормализованный и т.д.

Из сортового проката наиболее широко применяют:

- рельсы, швеллеры (крупный сорт);
- балки углового, таврового, двутаврового профиля, полосы (средний сорт);
- арматурное железо, прутки, катанка (мелкий сорт).

Различают следующие профили сортового проката:

- простые (круг, квадрат, шестиугольник, полоса, лист);
- фасонные (рельс, балка, швеллер, тавр и др.);
- специальные (колеса, арматурная сталь и др.).

Сортовой прокат имеет самые разнообразные фасонные профили (рис. 5.34).

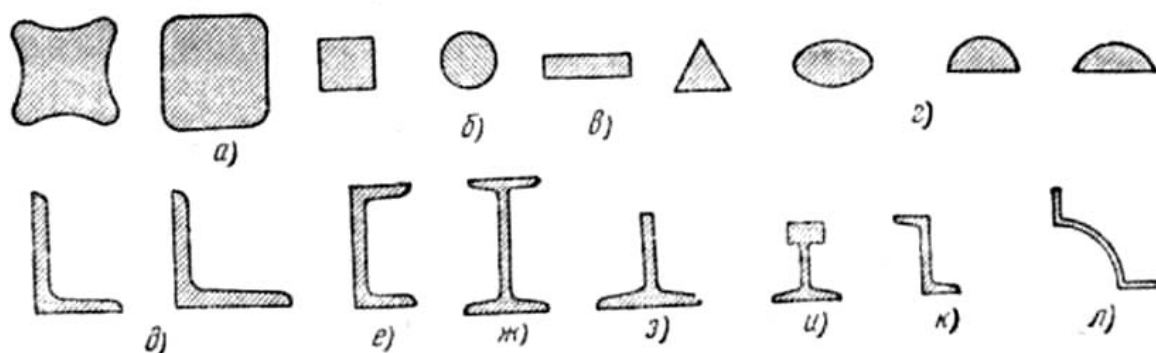


Рис. 5.34. Основные виды профилей проката:

- а) квадратная сталь, б) круглая сталь; в) полосовая сталь;  
 г) треугольная, опальная, полукруглая, сегментная,  
 д) угловая сталь неравнобокая и равнобокая, е) швеллеры, ж) двутавровая сталь,  
 з) тавровая сталь, и) рельсы, к) зетовая сталь, л) колонная сталь

В промышленности все чаще применяют профильный листовой прокат, а также прокат с периодически изменяющимся по длине профилем. Такой прокат применяют в качестве заготовки для штамповки, что позволяет уменьшить отходы металла и значительно снизить трудоемкость при изготовлении изделий.

Листовой прокат различается:

- по качеству исходного материала, т.е. в зависимости от того, какая сталь подвергалась прокатке – обыкновенная или повышенного качества;
- по способу изготовления – прокаткой в горячем или в холодном состоянии;
- по толщине листов: тонкий листовой прокат – до 4 мм, толстый – более 4 мм;
- по отделке поверхности – глянцевый, матовый, полированный, с покрытиями.

Из стального листового проката наиболее широко применяют следующие виды:

- сталь листовая кровельная в отожженном состоянии;
- сталь листовая декапированная, т.е. мягкая и пластичная, с повышенным сопротивлением коррозии после отжига и травления, употребляемая как заменитель цветных металлов;
- сталь черная полированная – после отжига и полировки, применяемая как облицовочный материал;
- белая жечь – тонкие листы мягкой стали, покрытые оловом.

Таким образом, различные технологии обработки металла способствуют получению определенных технологических параметров деталей конечного изделия. С помощью самых современных станков с числовым программным управлением (лазерные станки для резки металла, листогибочные прессы, аппараты для сварки) можно изготавливать любые конструкции из металла и нержавеющей стали.

### ***Вопросы к семинару***

1. Общее понятие и возникновение аддитивных технологий.
2. Сферы применения аддитивных технологий.
3. На какие категории разделяет аддитивные технологии компания ASTM International?
4. Какой строительный материал используется в категории Sheet Lamination?
5. В категории Powder Bed Fusion что используется в качестве источника тепла?
6. Какой строительный материал используется в категории Vat Photopolymerization?

7. Что является строительным материалом технологии Multiphase Jet Solidification?

8. Расскажите о технологии гидроабразивной резки, ее преимуществах и недостатках.

9. Расскажите о лазерной резке, ее преимуществах и недостатках.

10. Приведите описание процесса резки плазменной струей.

11. Приведите описание процесса резки методом электрической эрозии.

12. Какую технологию резки лучше использовать для резки листовой стали до 10 мм?

13. Какие профили сортового проката существуют?

14. Какие виды гибок существуют?

15. Какие основные параметры нужно учитывать при резке стали большой толщины?

16. Перечислите параметры различия листового проката.

## КРАТКИЙ СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ

**Аддитивные технологии** (additive manufacturing) – технологии послойного наращивания и синтеза объектов.

**Аутсорсинг** (англ. outsourcing, от outer-source-using – использование внешнего источника) – передача компанией бизнес-процессов или производственных функций на обслуживание другой компании, специализирующейся в соответствующей области.

**ASTM International** – American Society for Testing and Materials – организация в США, которая занимается разработкой технических стандартов для широкого спектра материалов, изделий, систем и услуг, в частности и в области аддитивных технологий.

**Биохакинг** – набор действий, направленных на повышение качества и продолжительности жизни, сюда входят коррекция питания (исключение вредной пищи: жирного, сладкого, чрезмерно соленого), проведение тренировок и медитаций, психологические тренинги.

**Binder Jetting** – стандартизованное название одного из аддитивных процессов, согласно которому построение изделия ведется посредством связующего состава, селективно связывающего частицы сыпучего модельного материала.

**Глубокое (глубинное) обучение** (deep learning) – совокупность методов машинного обучения, методы построения алгоритмов, которые учатся на своем опыте, без написания специальной программы. Человеку в этом случае не надо объяснять машине, как решить задачу, она находит ответ сама, из данных, которые ей предоставлены. К примеру, если требуется, чтобы алгоритм определял лица, нужно показать ему десять тысяч разных лиц, отметить, где именно находится лицо, и тогда программа научится определять его самостоятельно. Качество решения задач компьютерного зрения, машинного перевода, распознавания речи с помощью методов глубокого обучения сопоставимо, а в некоторых случаях превосходит эффективность их решения человеком.

**Инновация** – введение в употребление нового или значительно улучшенного продукта (товара, услуги), процесса, нового метода маркетинга или нового метода организации в практику ведения бизнеса, организацию рабочего места или внешние отношения.

**Искусственная нейронная сеть** – система соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров.

**Искусственный интеллект** – интеллектуальная система (информационно-вычислительная система), способная решать задачи, в том числе творческие, без участия человека, а также самообучаться в ходе решения таких задач.



**Киберфизическая система (CPS)** – комплексная система, состоящая из вычислительных и физических элементов, которая включает в себя различные природные объекты, искусственные подсистемы и управляющие контроллеры, обеспечивающие взаимодействие между всеми составными звеньями.

**Консалтинг** (англ. consulting – консультирование) – независимая оценка текущей деятельности, анализ бизнес-процессов предприятия и представление рекомендаций по повышению эффективности деятельности данного предприятия.

**Краудсорсинг** (англ. crowdsourcing, от crowd – толпа и sourcing – использование ресурсов) – добровольное и часто безвозмездное привлечение материальных и интеллектуальных ресурсов большого количества людей, которые используются для реализации различных проектов.

**Краудфандинг** (англ. crowd funding, crowd – толпа и funding – финансирование) – финансирование творческого или бизнес-проекта безвозмездно (благотворительный краудфандинг) или в обмен на конечный продукт данного проекта.

**Material Extrusion** – стандартизованное название одного из аддитивных процессов, согласно которому построение изделия ведется посредством экструзии пластифицированного тем или иным способом строительного материала.

**Нанопустройства (нанообъекты, наносистемы)** – это устройства (объекты, системы), линейный размер которых хотя бы в одном направлении составляет от 1 до 100 нм.

**Нанотехнологии** – это технологии, позволяющие оперировать элементами размером от атомных до 100 нм.

**Objet Geometries** – компания-производитель АМ-машин (Израиль), работающих по технологии Poly-Jet.

**Пластмассы** – композиционные материалы на основе полимеров, содержащие дисперсные, коротковолокнистые наполнители, пигменты и другие наполнители, которые располагаются в полимерной матрице; гетерофазные изотропные материалы.

**Полимеры** – гомофазные высокомолекулярные материалы с введенными в них стабилизаторами, ингибиторами, пластификаторами, смазками и другими добавками.

**Предиктивное обслуживание (PdM)** – сбор и анализ текущей информации о состоянии оборудования для обеспечения раннего обнаружения неисправностей, прогнозирования ремонтных работ и предотвращения сбоев в производстве, где используется данное оборудование.

**Промышленный робот** – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограмми-

руемого устройства программного управления для выполнения двигательных и управляющих функций в производственном процессе.

**Powder Bed Fusion** – стандартизованное название аддитивной технологии, согласно которой в процессе построения на рабочей платформе предварительно формируют слой строительного материала, и затем часть материала в соответствии с данными текущего сечения САД-модели связывают (сплавляют, склеивают) тем или иным способом.

**Робот** – автоматическая машина, включающая перепрограммируемое устройство управления и другие технические средства, обеспечивающие выполнение тех или иных действий (в зависимости от назначения), свойственных человеку в процессе его трудовой деятельности.

**Тест Тьюринга** – эмпирический тест, предложенный английским математиком, криптографом Аланом Тьюрингом, в 1950 г. для оценки соответствия интеллекта машины разуму человека. В ходе теста человек-судья взаимодействует с компьютером и человеком без прямого визуального контакта. На основании ответов на вопросы теста судья должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Если судья определяет компьютерную программу как человека, делается вывод, что компьютерная программа обладает интеллектом.

**Экономика совместного потребления** (sharing economy, шеринг) – концепция, подразумевающая коллективное использование товаров и услуг, основанная на системах бартера и аренды.

**Цифровой двойник** (Digital Twin) – виртуальная копия физического объекта, устройства или процесса, используемая для моделирования поведения реального объекта, рассмотрения его технических характеристик и внутреннего состояния в условиях воздействия негативных факторов окружающей среды.

**RFID-технология** (Radio Frequency Identification – радиочастотная идентификация) – это технология бесконтактного обмена данными, основанная на использовании радиочастотного электромагнитного излучения, которая применяется для автоматической идентификации и учета объектов.

**Vat Photopolymerization** – один из основных АМ-процессов, предполагающий полимеризацию жидкого фотополимера, находящегося в открытой ванне в рабочей камере АМ-машины, посредством светового воздействия, например, лазером.

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Роль цифровизации и модернизации в развитии сельскохозяйственной отрасли промышленности.
2. Формы и методы организации производства.
3. Услуга как сочетание как сочетание процесса производства и обслуживания потребителей. Новые виды услуг.
4. Управление качеством продукта как технология инновационного развития предприятия.
5. Место и роль консалтинга в жизненном цикле инновационного проекта, виды и функции.
6. Понятие аутсорсинга. Его роль и место в инновациях организационных структур.
7. Государственная политика, направленная на развитие научных исследований. Приоритеты в научно-технологической политике Российской Федерации.
8. Что такое интеллект? Назовите его основные свойства.
9. Когда искусственная технологическая система может считаться интеллектуальной? Назовите критерии достижения «разумности» машиной.
10. Примеры биохакинга с использованием средств искусственного интеллекта.
11. Какую роль играет искусственный интеллект в управлении бизнес-процессами крупных предприятий?
12. Технологии и современные тенденции упрощения быта и повышения комфорта жизни человека (система «Умный дом»).
13. Нормативно-правовой статус работа и искусственного интеллекта.
14. Схема взаимодействия составляющих элементов комплексной системы безопасности города.
15. Рейтинг новых информационных технологий, кривая Гартнера.
16. Правовые нормы биобезопасности продуктов питания в различных странах.
17. Отношение к безопасности ГМО в России.
18. Биотехнологии на службе у террористов. Биологическое оружие и биотерроризм – реальная угроза безопасности общества.
19. Биотехнологическое производство энергии.
20. Генетические последствия загрязнения окружающей среды. Мутагенные факторы.
21. Социальные аспекты генетического улучшения человека. Спорные вопросы евгеники, генотерапии, генетической паспортизации.

22. Принципы создания и основные типы композиционных материалов.
23. Свойства неметаллических конструкционных материалов, модифицированных (импрегнированных) полимерными материалами.
24. Структура и свойства армированных пластиков, углепластиков.
25. Перечень и краткая характеристика наиболее распространенных способов получения нанопорошков.
26. Основные методы исследования строения металлов и сплавов.
27. Применение нанотехнологий в аналитических исследованиях.
28. Применение биологических и медицинских наноматериалов.
29. Использование аддитивных технологий в дизайнерской деятельности.
30. Использование аддитивных технологий в проектировании и производстве потребительских товаров и электроники.
31. Экологический подход в развитии аддитивных технологий.
32. Связь аддитивных технологий с научной и учебной деятельностью.
33. Аддитивные технологии в производстве транспортных средств.
34. Использование металлических профилей (например, стальная профильная труба 20×20 мм) для изготовления каркасных конструкций.
35. Применение оцинкованной стали для кровли, корпусов бытовой техники.
36. Аддитивные установки печати металлами: преимущества и примеры внедрения.
37. Применение металла в Loft-интерьерах.
38. Производство мебели на металлокаркасе (мебель для баров, ресторанов, кафе, мебель для учебных и дошкольных учреждений, мебель для медицинских учреждений и лабораторий).

## ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ

1. С современными производственными технологиями тесно связано понятие «цифровая экономика». Что под ним подразумевается?

- а) экономика, в которой киберфизические системы являются важнейшим производительным фактором;
- б) рынок гаджетов и различных цифровых устройств;
- в) экономика, операции в которой производятся исключительно в онлайн-системах.

2. Что такое цифровое производство?

- а) производство цифровых устройств и гаджетов.
- б) моделирование реального процесса производства;
- в) производство в различных отраслях промышленности и хозяйства, основанное на интегрированных компьютерных технологиях.

3. Какие манипуляторы считаются представителями нулевого (дороботного) поколения?

- а) программные;
- б) жестковстроенные;
- в) интеллектуальные;
- г) адаптивные.

4. Автоматическая машина, включающая перепрограммируемое устройство управления и другие технические средства, обеспечивающие выполнение тех или иных действий (в зависимости от назначения), свойственных человеку в процессе его трудовой деятельности – это...

- а) киберфизическая система;
- б) искусственная нейронная сеть;
- в) робот;
- г) автомат.

5. Для каких целей применяются экзоскелеты в медицине?

- а) для диагностики заболеваний;
- б) для помощи хирургу в проведении операции;
- в) для восполнения утраченных функций и увеличения силы мышц и скелета человека и расширения амплитуды его движений;
- г) для восстановления когнитивных свойств поврежденной психики человека.

6. Какая математическая теория лежит в основе большинства подходов и концепций машинного обучения, больших данных и искусственного интеллекта?

- а) общая теория относительности;
- б) закон гомологических рядов;
- в) теория цепных реакций;
- г) теория вероятностей.

7. Комплекс приемов представления числовой информации или физического явления в зрительном образе – это...

- а) визуализация;
- б) А/В тестирование;
- в) персонализация;
- г) анализ данных.

8. Представители каких профессий не используют технологии 3D-печати для реализации своих профессиональных задач?

- а) дизайнеры;
- б) филологи;
- в) палеонтологи;
- г) архитекторы;
- д) кондитеры;
- е) бухгалтеры.

9. Какую категорию по данным компании ASTM International можно определить, как послойное формование изделия из листовых строительных материалов?

- а) Powder Bed Fusion;
- б) Sheet Lamination;
- в) Vat Photopolymerization;
- г) Directed energy deposition;
- д) Material Extrusion;
- е) Material Jetting;
- ж) Binder Jetting.

10. Какую категорию по данным компании ASTM International можно определить, как последовательное формование слоев порошковых строительных материалов и выборочное спекание частиц строительного материала?

- а) Powder Bed Fusion;
- б) Sheet Lamination;
- в) Vat Photopolymerization;
- г) Directed energy deposition;
- д) Material Extrusion;
- е) Material Jetting;
- ж) Binder Jetting.

11. Какую категорию по данным компании ASTM International можно определить, как послойное отверждение фотополимерных смол?

- а) Powder Bed Fusion;
- б) Sheet Lamination;
- в) Vat Photopolymerization;
- г) Directed energy deposition;
- д) Material Extrusion;
- е) Material Jetting;
- ж) Binder Jetting.

12. Какую категорию по данным компании ASTM International можно определить, как послойное нанесение расплавленного строительного материала через экструдер?

- а) Powder Bed Fusion;
- б) Sheet Lamination;
- в) Vat Photopolymerization;
- г) Directed energy deposition;
- д) Material Extrusion;
- е) Material Jetting;
- ж) Binder Jetting.

13. Переработка исходного сырья в продукт с использованием биохимической деятельности микроорганизмов – это ...

- а) биоконверсия органических отходов;
- б) генетическая модификация;
- в) микробная ферментация;
- г) денатурализация продуктов питания.

14. Какой из перечисленных материалов реже всего используется в аддитивном производстве?

- а) пластик;
- б) керамика;
- в) полимерные металлы;
- г) порошки металлов.

15. Коллоидные системы, которые захватывают терапевтические агенты внутри коллоидной матрицы или прикрепляются к поверхности частиц с помощью процессов адсорбции или конъюгации – это...

- а) ферменты;
- б) полимерные наносферы;
- в) плазмидная конструкция;
- г) генный материал.

16. Как называется живой организм, в геном которого искусственно введен ген, который не может быть приобретен при естественном скрещивании?

- а) полиплоидный организм;
- б) гибрид сельскохозяйственной культуры, полученный методом экспериментального мутагенеза;
- в) клонированное животное;
- г) трансгенный организм.

17. Назовите полимерное вещество, которое было первым применено в качестве биомедицинского материала.

- а) полипропилен;
- б) каучук;
- в) поливинилхлорид;
- г) октокальциевый фосфат.

18. Клонированный организм создается...

- а) методом генной инженерии;
- б) методом эмбриональной инженерии;
- в) методом клеточной инженерии;
- г) гибридизацией соматических клеток.

19. Компонент, который добавляется к сплавам в небольших количествах для улучшения их эксплуатационных свойств, получил название ...

- а) катализатор;
- б) примесь;
- в) присадка.

20. Стирольный сополимер, который обладает ударопрочностью, пластичностью, равномерной и однородной качественной поверхностью напечатанных изделий – это ...

- а) ABS-пластик.
- б) PLA-пластик.
- в) PETG-пластик.

21. Биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота – это ...

- а) PETG-пластик.
- б) PLA-пластик.
- в) PVA-пластик.

22. Концентрирование вещества на границе раздела фаз – это ...

- а) коалесценция.
- б) адгезия.
- в) адсорбция.

23. Как называется тип связи между матрицей и наполнителем в композиционном материале, которая образуется в результате растекания при расплавлении менее тугоплавкого матричного компонента по поверхности более тугоплавкого армирующего компонента, находящегося в твердом состоянии?

- а) адгезионная связь;
- б) реакционная связь;
- в) оксидная связь;
- г) механическая связь.

24. Коагуляция – это ...

- а) слипание твердых частиц дисперсной фазы в коллоидных системах и суспензиях с образованием крупных агрегатов с последующим разрушением системы.
- б) образование межмолекулярных связей между поверхностями двух соприкасающихся разнородных твердых или жидких тел.
- в) укрупнение зерен поликристаллического материала при повышении температуры за счет исчезновения мелких кристаллов.



25. Механохимические реакции – это ...

- а) увеличение объема крупных капель или частиц твердой фазы в аэрозолях за счет испарения более мелких.
- б) кратковременная активация атомов и молекул поверхностного слоя в момент разрушения, которая используется для инициирования и ускорения ряда химических реакций.
- в) повышение прочности кристаллов за счет устранения структурных дефектов в результате растворения поверхностных слоев или в процессе деформирования.

26. Какую ширинугиба заложить при раскрое листовой стали толщиной 2 мм?

- а) 1 мм;
- б) 4,5 мм;
- в) 3 мм;
- г) 2 мм;
- д) 3,5 мм;
- е) 0,5 мм.

27. Способ обработки металла для изготовления деталей типа тел вращения (фланцы, кольца, переходы, валы, гайки, втулки и т.п.)?

- а) фрезерование;
- б) токарная обработка;
- в) шлифование;
- г) расточка;
- д) гальванизация;
- е) прокатка;
- ж) штамповка.

28. У какого вида резки низкая температура реза 60–90°C – заготовка не деформируется, нет оплавления и пригорания кромок на обрабатываемых деталях?

- а) Лазерная резка;
- б) Криогенная резка;
- в) Электроэрозия;
- г) Резка плазменной струей;
- д) Кислородная резка;
- е) Гидроабразивная резка;
- ж) Плазменно-дуговая резка.

29. Для чего используется фасонный профиль – двутавровая сталь?

- а) ограждение;
- б) транспорт;
- в) авиация;
- г) мобильные телефоны;
- д) строительство;
- е) мебель;
- ж) бытовая техника.

30. Что используется в качестве абразива при гидроабразивной резке?

- а) доломитизированный известняк;
- б) азотнокислый натрий;
- в) двууглеродистый натрий;
- г) фосфористый кальций;
- д) алюминиевый порошок;
- е) железный порошок;
- ж) красный песок.

#### Ключ к тестам

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

## ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Типы технологических процессов и структура производственного потока.
2. Отраслевая классификация видов экономической деятельности.
3. Классификация методов хозяйственного руководства.
4. Основные признаки инновационного продукта.
5. Развитие продукта как инновационный процесс.
6. Технология внедрения научно-технических достижений.
7. Методы стратегического планирования и управления в проектных организациях.
8. Основные направления исследований в области искусственного интеллекта. Прикладные интеллектуальные системы.
9. Какие задачи можно решать средствами машинного обучения?
10. Дайте определения данным, информации, знаниям. Как формируются знания в информационной системе организации и для решения каких задач управления они могут применяться?
11. Материалы, применяемые в аддитивных технологиях.
12. Перспективы и особенности методов аддитивного производства.
13. Оборудование, используемое при реализации аддитивных технологий.
14. Классификация аддитивных технологий.
15. Преимущества методов аддитивного производства перед традиционными методами производства деталей и оборудования.
16. Основные достижения генетической инженерии микроорганизмов, растений и животных.
17. Факторы риска генно-инженерной деятельности для здоровья человека и принципы принятия мер предосторожности.
18. Роль методов биотехнологии в получении продуктов питания, обогащенных микроэлементами и витаминами.
19. Общая характеристика неметаллических композиционных материалов.
20. Обработка металлических заготовок резанием.
21. Физические основы нанотехники.
22. Структура, классификация и применения нанокomпозиционных материалов.
23. Преимущества и недостатки неметаллических материалов по сравнению с металлами.
24. Что представляет собой композиционный материал? Назовите признаки, по которым классифицируют композиционные материалы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Грингард, С. Интернет вещей: Будущее уже здесь / С. Грингард. – Москва : Альпина Паблишер, 2019. – 188 с. – ISBN 978-5-9614-6472-6, 978-5-9614-5853-4.
2. Давыдов, С. В. Материаловедение и технология конструкционных материалов / С. В. Давыдов, Р. А. Богданов. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. – 256 с. – ISBN 978-5-9729-0416-7.
3. Dezhina, I. Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development / I. Dezhina, A. Ponomarev // Foresight-Russia. – Vol. 8. – No 2. – Pp. 16–29.
4. Долгих, С. Г. Учебное пособие по генной инженерии в биотехнологии растений / С. Г. Долгих. – Алматы : Нур-Принт, 2014. – 141 с. – ISBN 978-601-278-045-1.
5. Иванов, Д. А. Композиционные материалы : учебное пособие для вузов / Д. А. Иванов, А. И. Ситников, С. Д. Шляпин ; под ред. А. А. Ильина. – Москва : Юрайт, 2019. – 253 с. – ISBN 978-5-534-11618-2.
6. Иванов, Д. В. Закон о клеточных продуктах: прорыв или поражение? / Д. В. Иванов, А. В. Чабаненко // Вестник новых медицинских технологий. – 2017. – Т. 24, № 4. – С. 166–176.
7. Изменение физико-химических характеристик поверхности  $Zn_3(PO_4)_2$ : Mn-люминофора в зависимости от условий синтеза / Т. С. Минакова, В. В. Бахметьев, М. М. Сычев [и др.] // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – № 7–2. – С. 84–88.
8. Исмаилов, Г. М. Подготовка квалифицированных рабочих и служащих в современных условиях в системе среднего профессионального образования / Г. М. Исмаилов, В. Е. Минеев-Ли, Р. И. Куликов // Развитие педагогического образования в России : материалы II Всероссийской научно-методической конференции с международным участием / отв. ред. Е. В. Гребенникова. – Томск : Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2019. – С. 262–267.
9. Казакова, Т. Д. Роль информационных технологий в дизайн-проектировании (на примере разработки концепта оболочки нейроинтерфейса коллективом авторов) / Т. Д. Казакова, В. А. Серяков // Молодежь и современные информационные технологии : материалы IXV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 04–07 декабря 2017 г., г. Томск. – Томск : Изд-во ТПУ, 2017. – С. 345–346.
10. Кайдалов, А. А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов / А. А. Кайдалов. – Киев : Экотехнология, 2007. – 456 с. – ISBN 966-8409-17-5.

11. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства : учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко. – Оренбург : Изд-во Оренбург. гос. ун-та, 2017. – 144 с.

12. Кравцов, А. Г. Промышленные роботы : учебное пособие / А. Г. Кравцов, К. В. Марусич. – Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. – 95 с. – URL : <http://www.iprbookshop.ru/epd-reader?publicationId=85795> (дата обращения: 18.12.2019).

13. Ключарев, Г. А. Инновационные предприятия в вузах : вопросы интеграции с реальным сектором экономики / Г. А. Ключарев, М. С. Попов, В. И. Савинков. – 2-е изд., исп и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 382 с. – ISBN 978-5-534-08624-9.

14. Минакова, Т. С. Фториды и оксиды щелочноземельных металлов и магния. Поверхностные свойства / Т. С. Минакова, И. А. Екимова. – Томск: Издательский дом Томского государственного университета, 2014. – 148 с. – ISBN 978-5-9462-1432-2.

15. Никитина, Т. В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников : учебное пособие / Т. В. Никитина. – Челябинск : Челябинский государственный педагогический университет, 2014. – 171 с. – ISBN 978-5-906777-21-8.

16. Новиков, Ф. А. Символический искусственный интеллект : математические основы представления знаний : учеб. пособие для академического бакалавриата / Ф. А. Новиков. – Москва : Изд-во Юрайт, 2020. – 278 с. – ISBN 978-5-534-00734-3.

17. Новые возможности использования наносорбентов для энтеросорбции / И. А. Екимова, В. И. Ерофеев, Л. П. Тимофеева [и др.] // Нейронаука для медицины и психологии: XV Международный Н45 междисциплинарный конгресс. Судак, Крым, Россия; 30 мая – 10 июня 2019 г. : Труды Конгресса / под ред. Е. В. Лосевой, А. В. Крючковой, Н. А. Логиновой. – Москва: МАКС Пресс, 2019. – С. 169.

18. Овчинников, В. В. Оборудование, техника и технология сварки и резки металлов : учебник / В. В. Овчинников. – Москва : Проспект, 2013. – 305 с. – ISBN 978-5-392-13251-5.

19. Пальцев, М. А. Нанотехнологии в медицине и фармации / М. А. Пальцев // Ремедиум. Журнал о российском рынке лекарств и медицинской техники. – 2008. – № 9. – С. 6–12.

20. Патент № RU 2613909 С Российская Федерация, МПК А61L 27/28 (2006/01), А61F 27/54 (2006/01), А61L 2/00 (2006/01). Способ нанесения пленочного покрытия на поверхностно-пористые и шероховатые имплантаты : № 2016109672 : заявл. 17.03.2016 : опубл. 21.03.2017 / Г. В. Смирнов, Д. Г. Смирнов, И. А. Екимова. – 8 с. : ил.

21. Патент № RU 2624364 С Российская Федерация, МПК А61С 8/00 (2006/01), А61С 13/08 (2006/01). Способ изготовления деталей зубного

имплантата : № 2016109659 : заявл. 17.03.2016 : опубл. 03.07.2017 / Г. В. Смирнов, Д. Г. Смирнов, И. А. Екимова. – 14 с. : ил.

22. Патент № RU 2630883 С Российская Федерация, МПК А61F 2/00 (2006/01). Способ изготовления деталей зубного имплантата из циркония : № 2016109665 : заявл. 17.03.2016 : опубл. 13.09.2017 / Г. В. Смирнов, Д. Г. Смирнов, И. А. Екимова. – 11 с. : ил.

23. Патент № RU 2631104 С Российская Федерация, МПК А61С 5/00 (2006/01). Способ изготовления зубных коронок из диоксида циркония : № 2016109669 : заявл. 17.03.2016 : опубл. 18.09.2017 / Г. В. Смирнов, Д. Г. Смирнов, Ю. Ф. Иванов [и др.]. – 7 с. : ил.

24. Поляков, В. А. Инновационное развитие пищевой биотехнологии / В. А. Поляков, Н. С. Погоржельская // Индустрия питания. – 2017. – № 4 (5). – С. 6–14.

25. Разработка новой технологии синтеза и исследование свойств ортофосфатных люминофоров / В. В. Бахметьев, М. М. Сычев, С. П. Богданов [и др.] // Вестник Московского государственного областного университета, серия Физика-Математика. – 2013. – № 1. – С. 64–75.

26. Рогов, В. А. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Штамповочное и литейное производство : учебник для вузов / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – Москва : Юрайт, 2020. – 319 с. – ISBN 978-5-534-09170-00.

27. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. – Москва : Юрайт, 2020. – 190 с. – ISBN 978-5-534-00528-8.

28. Рожкова, М. А. Искусственный интеллект и интеллектуальные роботы – что это такое или кто это такие? / М. А. Рожкова // Закон.ру. – 2019. – 23 ноября. – URL: [https://zakon.ru/blog/2019/11/23/iskusstvennyj\\_intellect\\_i\\_intellektualnye\\_roboty\\_\\_что\\_eto\\_takoe\\_](https://zakon.ru/blog/2019/11/23/iskusstvennyj_intellect_i_intellektualnye_roboty__что_eto_takoe_) (дата обращения: 28.01.2020).

29. Серба, Е. М. Актуальные направления пищевой биотехнологии для повышения качества и хранимоспособности продуктов питания / Е. М. Серба // Пищевая промышленность. – 2018. – № 6. – С. 8–10.

30. Серяков, В. А. Специфика формообразования и структуризации дизайна промышленных экспозиций / В. А. Серяков, М. С. Кухта // Дизайн. Материалы. Технология. – 2017. – № 1. – С. 18.

31. Сибикин, М. Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование : Справочник / М. Ю. Сибикин. – Москва : Машиностроение, 2013. – 308 с. – ISBN 978-5-94275-712-0.

32. Сидоров, А. В. Роботизация бизнес-процессов как инструмент повышения производительности труда сотрудников компании / А. В. Сидоров // Хроноэкономика. – 2019. – № 4 (17). – С. 64–68.

33. Синогина, Е. С. Методы и средства борьбы с терроризмом : учебное пособие / Е. С. Синогина, В. А. Архипов, У. М. Шереметьева. – Томск : Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2012. – 219 с.

34. Скачкова, Н. В. Признаки социальных трансформаций в российской системе профессионального образования / Н. В. Скачкова // Философия образования. – 2016. – 3 (66). – С. 176–187.

35. Состояние и перспективы развития генотерапии в России / А. Н. Миронов [и др.] // Вестник Росздравнадзора. – 2011. – № 4. – С. 56–60.

36. Synthesis and surface characterization of nanosized Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: Eu and YAG: Eu luminescent phosphors which are useful in photodynamic therapy of cancer / V. V. Bakhmetyev, T. S. Minakova, S. V. Mjakin ect. // European Journal of Nanomedicine. – Volume 8, Issue 4 (Oct 2016). – pp. 173–184.

37. Толстель, О. В. Некоторые применения технологий искусственного интеллекта / О. В. Толстель // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. – 2005. – № 1–2. – С. 95–106.

38. Федоренко, В. Ф. Генетически модифицированные растения и продукты питания : реальность и безопасность. Аналитический обзор. – Москва : Росинформагротех, 2005. – 200 с. – ISBN 5-7367-0543-5.

39. Фещенко, В. Н. Токарная обработка : учебник / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – 7 изд. – Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. – 460 с. – ISBN 978-5-9729-0131-9.

40. Франклин, Д. Мегатех. Технологии и общество 2050 года в прогнозах ученых и писателей / Д. Франлин ; под ред. Е. Истоминой. – Москва : Бомбора, 2018. – 400 с. – ISBN 978-5-04-093769-1.

*Учебное издание*

Синогина Елена Станиславовна  
Ломовская Софья Анатольевна  
Екимова Ирина Анатольевна  
Серяков Вадим Александрович  
Федотов Андрей Сергеевич  
Хмелевский Юрий Петрович  
Пак Руслан Юрьевич  
Ахмеджанов Рафик Равильевич

## **ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ**

Учебно-методическое пособие

Ответственный за выпуск: Л. В. Домбраускайте  
Технический редактор: Н. Н. Сафронова

Бумага: офсетная  
Печать: трафаретная  
Усл. печ. л.: 7,2  
Уч. изд. л.: 9,1

Сдано в печать: 20.07.2020 г.  
Формат: 64×80/16  
Заказ: 1463/У  
Тираж: 100 экз.

Издательство Томского государственного педагогического университета  
634061, г. Томск, ул. Киевская, 60  
Отпечатано в типографии Издательства ТГПУ  
г. Томск, ул. Герцена, 49. Тел. (3822) 31-14-84.  
e-mail: [tipograf@tspu.edu.ru](mailto:tipograf@tspu.edu.ru)