

---

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

ИНСТИТУТ ИННОВАТИКИ

Факультет инновационных технологий

Кафедра управления инновациями

П.Н.ДРОБОТ

# **ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИИ**

**Учебное пособие**

Томск 2015

УДК  
ББК

Дробот П.Н.

Промышленные технологии и инновации: Учебное пособие. – Томск: Том. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2015. – 146 с.

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Промышленные технологии и инновации», знакомит студентов с основными технологиями, применяемыми на предприятиях различных отраслей народного хозяйства Российской Федерации, дает характеристику положения России на мировом рынке.

Предназначено для студентов, обучающихся по программе подготовки бакалавров по направлению 27.03.05 «Инноватика», рекомендуется для использования магистрантам по направлению 27.04.05 «Инноватика» и студентам всех специальностей естественно-технического профиля.

© Дробот Павел Николаевич, 2015

© Томский государственный университет систем  
управления и радиоэлектроники, 2015

## СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация .....	4
1. Важнейшие проблемы народного хозяйства России. ....	4
2. Системный подход в управлении промышленными технологиями и инновациями.....	9
2.1. Анализ инновационной активности.....	14
2.2. Анализ динамики создания и использования передовых технологий .....	17
2.3. Позиции России на мировом рынке технологий.....	19
2.4. Позиция России на рынках высокотехнологической продукции .....	26
2.5. Сильные и слабые стороны российских промышленности и научно-технологического комплекса(НТК) .....	33
2.6. Экономико-географическое положение и климатические условия России .....	44
3. Инновационный потенциал Томской области.....	64
3.1. Томская область: общие сведения, научно-образовательный комплекс, инфраструктура инновационной системы, инновационный бизнес [20,21].....	64
3.2. Особая экономическая зона (ОЭЗ) технико-внедренческого типа в городе Томске. ....	77
4. Промышленные технологии. Основные понятия.....	80
4.1. Историческое введение. ....	80
4.2. Понятие и признаки технологии, классификация технологий и отдельные виды современных технологий.....	82
5. Промышленные технологии в машиностроении.....	86
5.1. Технологии механической обработки в промышленности .....	86
5.2. Основные параметры обработки металлов резанием .....	91
5.3. Физические основы и пути развития электрофизических (ЭФ) и электрохимических (ЭХ) методов обработки. ....	94
6. Технологии электроники и электронной техники.....	107
6. Технологии электроники и электронной техники.....	108
6.1. Этапы развития радиотехники и электроники.....	108
6.2. Базовые технологии полупроводникового производства.....	120
6.2.1. Производство металлургического кремния .....	120
6.2.2. Выращивание монокристаллов кремния. ....	121
6.2.3. Кристаллографическая ориентация и резка кристаллов.....	128
6.2.4. Способы изготовления электрических контактов.....	131
6.2.5. Фотолитография. Изготовление микросхем. ....	137

## **Аннотация**

Учебная дисциплина «Промышленные технологии и инновации» относится к федеральному компоненту общепрофессиональных дисциплин подготовки в ВУЗе по образовательному направлению «Инноватика» и специальности «Управление инновациями». Ее изучение обеспечит совокупностью научно-технических знаний будущего эксперта по управлению инновациями, инновационными проектами и процессами. Полученные компетенции обеспечат выполнение будущих инновационных проектов, основанных на технологических новшествах и актуализирующих технологические инновации с мировым уровнем конкурентоспособности.

### **1. Важнейшие проблемы народного хозяйства России.**

Более восьмидесяти лет назад, в начале 1930-х, перед нашей страной стояла главнейшая из задач развития – задача индустриализации всей страны и наращивание экономической мощи в целях сокращения экономического отставания от развитых стран мира. В настоящее время в отечественной промышленности требуются заметные качественные изменения и улучшения. Сегодня главнейшие трудности в развитии хозяйства Российской Федерации – это создание индустрии, производящей высококачественную, конкурентоспособную продукцию на основе уменьшения ее себестоимости и увеличения производительности труда, повсеместное и широкое оснащение работающих компаний, предприятий и производств современным оборудованием и высокоэффективной техникой, внедрение идущих в ногу со временем технологий и современных методов управления и политики руководства предприятиями.

Другим аспектом качественных изменений и следующая важнейшая задача в развитии промышленности является уменьшение материалоемкости, основанное на более эффективном использовании исходных ресурсов. Третья

важная задача развития промышленного производства – это разработка и создание новых прогрессивных материалов.

Главный путь наращивания промышленных мощностей современного прогрессивного производства – это внедрение высокопроизводительного и прецизионного оборудования, новейших научно-технических процессов, основанных на инновационных подходах, инноваторских принципах. Эти технологические процессы и новейшее оборудование должны широко употребляться при производстве наукоемкой продукции, не уступающей лучшим мировым образцам и имеющей заметный спрос на мировых рынках.

В настоящее время в различных регионах мира углубляются процессы глобализации, интеграции и активизации хозяйственных связей. Сегодня для России жизненно важным оказывается вопрос о ее участии в мировом хозяйстве, о формах ее участия и о той роли, которую Россия будет способна играть на международной арене, на арене международного разделения труда. Вследствие этого приоритетной становится проблема повышения конкурентоспособности страны в мировой хозяйственной системе и отыскание неиспользуемых резервов, потенциалов и возможностей.

В.И. Вхождение России в мировое экономическое сообщество стало происходить на фоне возникших последствий распада СССР в 1991 году. Поэтому, если говорить о сегодняшних проблемах народного хозяйства России, о ее технологическом облике, нельзя не отметить сильных позиций СССР на мировом рынке промышленной, в том числе, наукоемкой продукции. Основываясь на технологиях середины XX века наша страна находилась на авангардных позициях в атомной энергетике, тяжелом машиностроении, космосе, авиации. Благодаря технологиям Советского Союза и в настоящее время Россия еще сохраняет передовое положение на международном промышленном рынке, в частности на рынке вооружений.

При всем этом СССР значительно отставал от совокупности государств с высоким уровнем развития промышленности по ряду важных индикаторов: производительность труда в промышленности, производительность труда в

сельском хозяйстве, размер внутреннего валового продукта (ВВП) на единицу народонаселения, качественный уровень жизни, степень интеграции в международные производственные связи, строение и состав экспорта, с преобладанием сырьевых продуктов. Это отставание от развитых стран мира после развала СССР в 1991 году еще сильнее проявилось на экономике России. Поэтому интеграция России в мировое хозяйство имела следующие характерные черты:

1. качественные изменения международных экономических отношений;
2. трудности перехода от бывшего СССР к новым государствам Евразии;
3. возникновение и развитие процессов нарастающих рыночных отношений;
4. ослабление в экономике сил федерации и укрепление региональных тенденций;
5. устремление к подлинным формам международного разделения труда.

В силу перечисленных обстоятельств Россия заняла промежуточное положение между наиболее развитыми и развивающимися странами и стала страной с переходной экономикой.

Ощутимые геополитические потери и значительные осложнения во взаимодействии с мировым сообществом понесла Россия в результате распада СССР. Западная граница отодвинулась на восток, балтийские государства, Белоруссия и Украина отделили Россию от Европы на сотни километров. С Европой имеет общую границу всего лишь небольшая территория Калининградской области, являющаяся анклавом, поскольку не граничит с Россией. Южная граница России резко продвинулась на север. От стран Средней Азии, через которые осуществлялись связи с Ближним и Средним Востоком,

Россию отделил Казахстан. Страна лишилась половины морских портов на Балтийском и Черном морях, значительной части морского флота, в том числе почти всего танкерного флота. Железнодорожные и шоссейные дороги и трубопроводы России на запад и на юг стали проходить по территориям иностранных государств ближнего зарубежья.

Сегодня Россия утратила 1/3 потенциала СССР: 1/3 территории, более 40% населения, более 30% объема производственных фондов. Распад СССР и переход к рыночной экономике определил экономический кризис, охвативший все сферы экономики России. Утрачены многие внешнеэкономические позиции, проявилась слабая обеспеченность России готовыми изделиями производственного и личного потребления, износ основных производственных фондов привел к существенному старению парка машин и оборудования.

Прогнозы развития той или иной страны оказывают влияние на перспективные планы политических и экономических элит и потому имеют очень важное значение. Кроме того, они позволяют создать верное представление и о текущем положении дел. В США давно существуют специализированные мозговые центры, «фабрики мысли» или – think tanks. Это независимые исследовательские институты, обычно существующие на пожертвования, такие как Brookings Institution, American Enterprise Institute, Carnegie, Центр стратегических и международных исследований, RAND, Peterson Institute, Национальное бюро экономических исследований. Они обладают или развитым эндаументом, или обширной совокупностью информаторов, что позволяет им заниматься масштабной исследовательской работой. В России в недавнее время были созданы подобные структуры, такие как группы разработки «Стратегии-2020», Институт социально-экономических и политических исследований под руководством Федорова, Агентство стратегических инициатив. К настоящему времени в России уже более 100 независимых think tanks, которые опережают государственные структуры, за исключением Института мировой экономики и международных отношений Российской Академии Наук (ИМЭМО РАН) и исследовательских подразделений веду-

щих вузов. Подавляющая часть опубликованных материалов находится в открытом доступе. Например, ряд предсказаний западных специалистов по поводу будущего России к 2020 г. можно найти в материалах прошедшего в Будапеште в 2004 году особого семинара «Россия и новые независимые государства Евразии в 2020 г.». Материалы семинара вошли в открытый доклад Национального Совета по разведке (НСР) США «Очертания будущего мира. Глобальные тенденции, 2020» (декабрь 2004 г.) [1]. Обширные сведения представлены в многостраничных документах по долгосрочным прогнозам научно-технологического развития Российской Федерации [3,4].

Из анализа текущего состояния и прогнозных оценок [1, 3,4] состояния российской экономики можно сделать вывод о следующих важнейших проблемах народного хозяйства России. Это улучшение качественных характеристик производимой промышленной продукции, снижение ее себестоимости и модернизация промышленности на основе повсеместного, широкого технического перевооружения производства.

Важнейшими приоритетами технологического развития российской экономики в долгосрочной перспективе объективно становятся следующие:

1. Повышение конкурентоспособности продукции;

Акцент на ценовую конкурентоспособность не сможет дать долгосрочного эффекта. По ценам на ряд сырьевых товаров (конструкционные материалы, моторное топливо) Россия уже вышла на мировой уровень, или вплотную к нему приблизилась. По ряду других (цены на газ) эти цены выйдут на европейский уровень (net-back) уже в среднесрочной перспективе.

Важнее развитие неценовой конкурентоспособности, определяемой качеством и технологическим уровнем продукции, а также набором предоставляемых сопутствующих услуг (адаптации продукции к индивидуальным требованиям покупателя, послепродажной поддержке и модернизации сложных технических систем и др.);

2. Повышение энергоэффективности, адаптация к условиям дефицита предложения энергоресурсов;



3. Адаптация к появляющемуся дефициту предложения рабочей силы; Демографические и социальные тенденции свидетельствуют о снижении как численности, так и качества рабочей силы. Реакцией на это должен стать рост производительности труда.

4. Адаптация к физико-географическим условиям (в первую очередь для добывающих отраслей, транспорта, сельского хозяйства);

5. Обеспечение реализации имеющихся научно-технологических заделов (в первую очередь для энергетики, транспортного машиностроения, связи, ОПК).

## **2. Системный подход в управлении промышленными технологиями и инновациями**

Инфраструктура промышленности России по ее основным показателям и параметрам такая же, что имеют промышленно развитые страны Запада. Но вот технологическая культура, технологическая среда в России по-прежнему оставляют желать лучшего, показывая недостаточно развитые промышленные и иные стандарты, системы менеджмента и обеспечения качества, автоматизацию производства и компьютеризацию производства. Незрелость технологической инфраструктуры формирует определенный барьер, который России необходимо преодолеть в наше время, в XXI веке, чтобы перейти в конгломерат постиндустриальных стран.

Для таких качественных изменений в уровне развития необходимо опираться на те исключительные особенности российской действительности, которые определяют конкурентные преимущества российской экономики.

Говоря о конкурентных преимуществах нельзя не вспомнить о широко известном в экономических кругах труде Майкла Юджина Портера, профессора кафедры делового администрирования Гарвардской бизнес-школы.

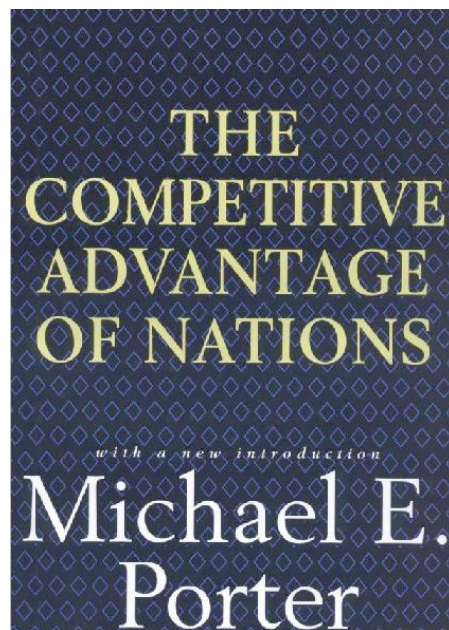


Рис.2.1. М.Портер – выступление на мировом экономическом форуме, январь 2007. Обложка первого издания книги «The Competitive Advantage of Nations»

М.Портер – признанный специалист в области изучения экономической конкуренции, в том числе конкуренции на международных рынках, конкуренции между странами и регионами.

М.Портер разработал теорию конкурентных преимуществ стран, которую описал в своем фундаментальном труде «The Competitive Advantage of Nations», NewYork: Free Press, 1990, который вышел в русском переводе в 1993 году под названием «Международная конкуренция: Конкурентные преимущества стран» [5].

На основе анализа широкого статистического материала Портер создал оригинальную теорию конкурентного преимущества страны. Стержневое место в его учении занимает идея национального ромба, раскрывающего главные признаки (детерминанты) экономики, создающие конкурентную макросреду, в которой действуют предприятия этой страны (рис. 2.2).

Детерминанты конкурентного преимущества страны, которые выявляет «национальный ромб», взаимодействуя между собой, создают благо-

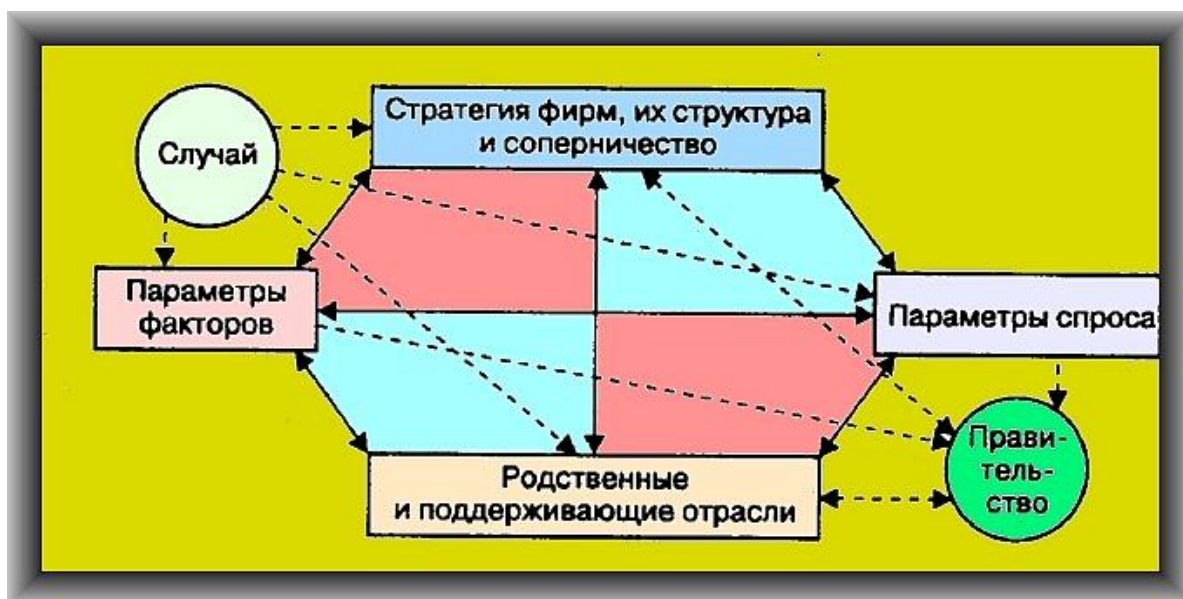


Рис.2.2 «Национальный ромб» – детерминанты конкурентного преимущества страны.

приятную или, наоборот, враждебную среду для воплощения в жизнь потенциальных конкурентных преимуществ страны.

*Параметры факторов* – это основные, то есть, материальные и нематериальные параметры. Сюда входят факторы производства: а) традиционные – труд, земля, капитал, предпринимательские способности и б) оригинальные, введенные Портером – ресурс знаний (сумма научной, технической и рыночной информации) и инфраструктура (транспортная система, система связи, почтовые услуги, система здравоохранения, обеспеченность населения жилым фондом и другие).

*Стратегия фирм, их структура и соперничество.* В результате соперничества предприятий в стране складывается структура предприятий и конкурентная среда. Если конкуренции между фирмами нет, то и на внешнем рынке у таких фирм конкурентного преимущества обычно не возникает.

*Параметры спроса.* До выхода на мировой рынок новые изделия должны получать апробацию на внутреннем рынке в условиях развитого спроса. Спрос описывается взыскательностью покупателей к качеству товаров и услуг, вместимостью спроса, динамикой его развития, дифференциацией на виды продукции.

*Родственные и поддерживающие отрасли.* Предприятия отраслей, ориентированных на экспорт, имеют конкурентные преимущества в мировой торговле, если в стране развиты отрасли, родственные и поддерживающие по отношению к экспортным отраслям. Родственные и поддерживающие отрасли обеспечивают экспортные предприятия необходимыми материалами, полуфабрикатами, комплектующими изделиями, информацией и тем самым создают для них конкурентные преимущества на мировой арене.

*Случай.* Случайные события имеют мало общего с условиями развития экономики страны и не зависят от влияния и деятельности ни фирмы, ни правительства. Это – новые изобретения, крупные технологические прорывы, резкие изменения цен на ресурсы (например, «нефтяной шок»), значительные изменения на мировых финансовых рынках или в обменных курсах, всплески мирового или местного спроса, политические решения правительств, войны и другие непредвиденные обстоятельства. Характерным примером мирового масштаба являются аварии атомных электростанций «Фукусима–1» и «Фукусима–2» в Японии в марте 2011 года. Случайные события могут изменить позиции соперничающих государств. Они могут свести на нет преимущества старых мощных конкурентов и усилить экспортный потенциал других государств.

*Правительство и его роль.* Этот фактор может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на формирование национальных конкурентных преимуществ, используя такие инструменты, как денежно-кредитная, налоговая, и таможенная политика, антимонопольное регулирование. Правительство содействует развитию родственных и сопряженных отраслей, взаимодействующих с ведущими экспортными отраслями, оказывает воздействие на поддержание оптимальной конкурентной среды.

Портер вводит понятие так называемого *кластера* – целого спектра отраслей, успешно и динамично развивающегося под влиянием предприятий, успешно выступающих на мировых рынках и охватывающих своей деятельностью и определяющих уровень развития кластера.

Руководствуясь теорией можно выделить конкурентные преимущества российской экономики. До недавнего времени многие экономисты выделяли следующие восемь конкурентных преимуществ.

1. Природные ресурсы;
2. Значительная территория и емкий внутренний рынок;
3. Квалифицированная рабочая сила;
4. Уровень образования совместно с ориентацией на коллективизм;
5. Научно-промышленный потенциал;
6. Научные школы и конкурентоспособные технологии;
7. Свободные производственные мощности,
8. Опыт экспорта высокотехнологичной продукции и производственная кооперация.

Однако современные тенденции развития России позволяют сделать следующие поправки и комментарии.

По поводу конкурентного преимущества, указанного под номером 3: уже в среднесрочной перспективе конкурентные преимущества в издержках производства, связанные с затратами на оплату труда, будут утеряны. Утверждения о низкой оплате труда в экономике России, как ее конкурентном преимуществе, представляются неверными сразу по двум причинам: низкая оплата труда не стимулирует ни рост внутреннего спроса, ни воспроизводство человеческого капитала, необходимые, в конечном счете, для устойчивого роста. Кроме того, низкая заработная плата стимулирует избыточную занятость и не способствует оптимизации бизнес-процессов. Кроме того, демографические и социальные тенденции свидетельствуют о снижении как численности, так и качества рабочей силы. Реакцией на это должен стать рост производительности труда.

Ниже и до конца главы приведен анализ состояния экономики, промышленности, технологий и инноваций по данным Росстата, Евростата, оценок Института статистических исследований и экономики знаний Нацио-

нального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (НИУ ВШЭ) и по материалам, опубликованным в источниках [3-4].

## **2.1. Анализ инновационной активности**

В настоящее время нет оснований говорить о крупномасштабных технологических прорывах в промышленности, интенсивном освоении результатов исследований и разработок (ИиР). Восприимчивость бизнеса к нововведениям, особенно технологического характера, остается низкой. В 2007 г. разработку и внедрение технологических инноваций осуществляли 2485 предприятий отечественной промышленности или 9,4% от их общего числа, что значительно ниже значений, характерных для Германии (73%), Ирландии (61%), Бельгии (58%), Эстонии (47%), Чехии (41%).

Инновационная активность предприятий заметно сдерживается состоянием институциональной среды, что характерно как для всех видов экономической деятельности – промышленного производства (включая малое предпринимательство) и для сферы услуг, – так и для всех типов инноваций – технологических, организационных, маркетинговых.

К инновациям более всего расположены крупные, экономически состоятельные предприятия, имеющие достаточные финансовые, кадровые и интеллектуальные ресурсы. Чем крупнее предприятия, тем выше среди них доля инноваторов. Очевидные успехи показывают высокотехнологичные отрасли, предприятия которых не отличаются ни объемами производимой продукции, ни крупными инвестициями. Их инновационная активность превысила 30%, что близко к среднеевропейскому уровню. В их случае значение имеют не только более развитый научный потенциал, наличие квалифицированных кадров, высокая интенсивность инновационных затрат и ориентация на внешние рынки сбыта, но и определенная поддержка со стороны государства в ее различных формах. Однако из-за ограниченности объемов произ-

водства эти сектора пока слабо влияют на инновационное «качество» российской экономики в целом.

В среднетехнологичных отраслях интенсивность инновационных процессов в 1,5-2 раза, а в низкотехнологичных – в 5 раз ниже, чем в высокотехнологичных секторах. Среди устойчивых аутсайдеров – издательская и полиграфическая деятельность (2,7%), производство одежды (3,3%), обработка древесины и производство изделий из дерева (4,6%).

Во всем мире важная роль в интенсификации инновационных процессов принадлежит малым предприятиям, что обусловлено их инициативностью, гибкостью, способностью быстро приспосабливаться к новым требованиям. В условиях растущей диверсификации и индивидуализации производства они призваны обеспечивать результативное освоение технологий и выпуск мелкосерийной инновационной продукции.

В последние годы приоритеты инновационной деятельности отечественных промышленных предприятий неуклонно смещаются от интеллектуальной (научно-исследовательской) к практической, внедренческой стадиям инновационного цикла. В долгосрочной перспективе такая динамика может привести к снижению качества и уровня нововведений и, в конечном итоге, к дальнейшему ухудшению показателей инновационной активности. Сегодня рост заметен только для тех типов инноваций, которые непосредственно связаны с внедрением: приобретение оборудования, производственное проектирование, технологическая подготовка производства и др.

Предприятия почти всех отраслей предпочитают прочим инновациям закупки овеществленных технологий, то есть машин и оборудования. В 2007 г. этим занимались 67% предприятий (в 1995 г. – 49%). Их мотивы связаны, как правило, со стремлением в кратчайшие сроки обновить материально-техническую базу, повысить технологический уровень производства, быстро окупить вложенные средства, что оправдано как самой природой инновационных процессов, требующих постоянной модернизации производственного аппарата, так и текущей экономической ситуацией в стране.

Наиболее инерционная динамика среди всех видов инновационной деятельности характерна для ИиР. Создание инновационных заделов перестало быть приоритетом для предприятий: в 1995 г. ими занимались 58% компаний, а 2007 г. – только 33%. Исключение составляют высокотехнологичные сектора, где собственные исследования ведут более 50% организаций. Примерно такая же картина характерна и для затрат на ИиР: в 2007 г. их удельный вес в общем объеме затрат на технологические инновации составил 17,3%, а в высокотехнологичных секторах – 38,2%. Сложившиеся тенденции негативно влияют на инновационный процесс, ведут к деградации научно-технической базы промышленности, утрате предприятиями самостоятельности в создании нововведений, потере преимуществ в производстве принципиально новой продукции.

Крайне острая проблема, с которой сталкиваются отечественные инноваторы, – нехватка квалифицированного персонала. Инициирование инноваций, освоение сложных технологических процессов и новой продукции требует кадров соответствующей квалификации, серьезный дефицит которых наблюдается практически во всех отраслях.

Традиционно невелика доля предприятий, затрачивающих средства на приобретение новых технологий (12,7%), в частности, прав на патенты и патентные лицензии (7,3%). Динамика этих индикаторов за годы реформ значительно ухудшилась. По приобретению технологий на передовые позиции выходят среднетехнологичные отрасли, компенсируя, таким образом, недостаток собственных ИиР.

В масштабах экономики России эффект от инновационной деятельности практически не заметен. В 2007 году крупными и средними предприятиями было произведено инновационной продукции на сумму 916,1 млрд. рублей, а ее доля в общем объеме товаров, работ, услуг составила всего 5,5%.

В высокотехнологичных секторах доля инновационной продукции в два раза выше. Самые же высокие значения отмечаются в среднетехнологичных отраслях высокого уровня (13,8%), в том числе в производстве автомо-



билей – почти 24,4%. Однако в целом как уже отмечалось, малочисленность отечественных предприятий, способных осуществлять технологические инновации, не позволяет переломить ситуацию, поднять производство конкурентоспособных отечественных товаров, наполнить ими внутренний рынок.

Из-за недостаточной конкурентоспособности инновационные предприятия России ориентированы преимущественно на удовлетворение спроса российских потребителей

Низкая в целом результативность инноваций заметно ослабляет конкурентные позиции российских производителей на внешних рынках. Подавляющая часть их экспорта приходится на продукцию, не подвергавшуюся технологическим изменениям, а доля инновационных товаров, работ и услуг составляет всего 7,9%.

Таким образом, недостаточный уровень инновационной активности усугубляется низкой отдачей от реализации технологических инноваций. Хотя в абсолютном выражении объемы инновационной продукции постоянно повышаются (в 1995-2007 гг. на 76%), затраты на инновации растут еще быстрее (за тот же период – вдвое). Как следствие, на рубль таких затрат в 2007 г. приходилось 4,4 руб. инновационной продукции против 5,5 руб. в 1995 г.

## ***2.2. Анализ динамики создания и использования передовых технологий***

В соответствии с действующей классификацией к передовым производственным технологиям относятся технологии следующих видов, основанных на применении компьютеров, микроэлектроники и предназначенных для использования при проектировании, производстве или обработке продукции:

1. проектирование и инжиниринг; производство, обработка и сборка;
2. автоматизированные погрузочно-разгрузочные операции, транспортировка материалов и деталей; аппаратура автоматизированного наблюдения (контроля);

3. связь и управление;
4. производственные информационные системы, интегрированное управление и контроль.

В современной России процессы создания таких передовых производственных технологий характеризуются многолетним спадом (с 996 до 637 технологий за период 1997–2005 гг. или на 36%). Падение особенно заметно при создании производственных технологий связи и управления (на 56%), проектирования и инжиниринга (38%), автоматизации погрузочно-разгрузочных операций (55%), а также производственных информационных систем (46%).

Одновременно из-за общего невысокого технологического уровня производственной базы, невозможности изготовления многих видов наукоемкой промышленной продукции, на которую имеется высокий внутренний спрос, усиливается зависимость от зарубежных поставок готовой продукции. Эта проблема обостряется депрессивным состоянием науки и низким уровнем инновационной активности. При этом диспропорции между объемами производства наукоемких товаров и технологий и их импортом велики даже в стратегически важных для страны областях. Так, если к концу 1990-х гг. соотношение отечественного производства и импорта по системам связи составляло всего 2%, то по гражданским самолетам – более 50%.

В то же время рост импорта производственных технологий позволил частично компенсировать результаты кризиса промышленного производства 1991-1999 г. и технологического спада, который продолжается в России до сих пор. С 1997 г. общее число используемых в российской промышленности передовых производственных технологий (собственных и импортированных) увеличилось в 2,6 раза (с 55,5 до 141,0 тыс.). При этом в области проектирования и инжиниринга, связи и управления число технологий выросло в 6 раз, информационных систем – в 4 раза.

Одновременно улучшилась их возрастная структура. Удельный вес технологий, используемых менее пяти лет, вырос примерно в 2 раза. В ос-

новном обновлении коснулось систем компьютерного проектирования и инжиниринга, а также связи и управления. К новым или используемым менее одного года, здесь относится 25% технологий. Менее пяти лет используются более 45% технологий.

Вместе с тем 19% всех производственных технологий применяются более 10 лет. В основном это технологии производства, обработки и сборки. В данную возрастную группу входят 39% используемых технологий. С учетом скорости происходящих в мире технологических изменений эти технологии являются передовыми только с точки зрения определений, но не реального уровня.

### ***2.3. Позиции России на мировом рынке технологий***

Позиции российской науки в мире ухудшались все последние годы. Поданным Международного института статистики (The International Statistical Institute – ISI, <http://isi-web.org>) удельный вес России в общем числе публикаций в ведущих научных журналах мира не превышает 3%, что в 10 раз ниже, чем в США. Отечественная наука характеризуется слабой инновационной ориентацией. Это выражается в уменьшающейся результативности научных организаций и их финансово-экономической неустойчивости. В 2005 году только половина научных организаций имели на балансе нематериальные активы.

Изобретательская активность в России в последние годы растет (с 17.5 тысяч патентных заявок, поданных национальными заявителями в Роспатент в 2000 г., до 23.6 тысяч в 2005 г.), но ее уровень (количество заявок на 1 млн. населения) ниже, чем в других развитых странах (в 3-4 раза ниже по сравнению с Германией и США, в 18 раз – с Японией). По общему числу заявок, поданных с указанием страны (национальными и иностранными заявителями в стране и за рубежом), Россия (107 тыс.) занимает лишь 24 место в мире, уступая Японии (более 500 тыс.), США (375 тыс.), Германии (292 тыс.), Великобритании (265 тыс.) и некоторым другим странам. Здесь по России дан-

ные за 2004 г.Ю по другим странам – за 2006–2008 годы. Больше России патентуется заявок, например, в Испании, Швейцарии, Австрии, Дании, Швеции, Португалии, Люксембурге и Финляндии (более 230 тыс. заявок).

Причины этого отставания – финансовая несостоятельность многих предприятий, особенно малых и средних, отсутствие эффективной системы правового регулирования и серьезных экономических стимулов, слабые интеграционные связи между организациями сфер науки, высшего образования и реального сектора экономики, отсутствие в их структурах патентно-лицензионных служб, призванных осуществлять управление интеллектуальной собственностью, мониторинг рынка технологий, маркетинг и подготовку лицензионных соглашений. В результате организации и предприятия либо вовсе не заинтересованы в патентовании результатов исследований и разработок, либо вынуждены отказываться от поддержания патентов. Если научная организация функционирует в форме учреждения, она, как правило, не имеет в своем бюджете статьи расходов на оплату заявок и других мероприятий, связанных с патентованием и лицензированием. Отсутствие средств препятствует оформлению патентов российских заявителей, как внутри страны, так и за рубежом.

Изобретательская активность заметно снижается на конечных стадиях научно-технологического цикла. Более 80% всех документов по правам на объекты промышленной собственности приходится на патенты на изобретения и только 5% - на патенты на промышленные образцы. По разным оценкам не более 2-5% патентов реализуется в экономической деятельности. Лишь около 1% патентов на изобретения используется при создании передовых производственных технологий. Промышленности, как правило, предлагаются разработки, находящиеся на стадии технического решения, что увеличивает расходы на внедрение и получение требуемых технико-экономических характеристик, удлиняет сроки создания технологических инноваций.

Более 70% изобретений направлено на поддержание и незначительное усовершенствование действующей техники и технологий. Внедрение таких изобретений не дает предприятиям длительного экономического эффекта. Основная часть образцов машин и оборудования не отвечает современным требованиям качества, не имеет охранных документов, сертификатов безопасности, сервиса и эксплуатационного обеспечения и т.д.

Самой распространенной и предпочтительной формой коммерческой реализации интеллектуальной собственности для российских разработчиков остается уступка патентов. На нее приходится более 60% общего числа всех лицензионных договоров. В 2005 г. в России было зарегистрировано 2,1 тысяч договоров о торговле лицензиями и уступке прав на патенты (в 2004 г. - 2,5 тыс.), что крайне мало с учетом почти 250 тысяч действующих патентов на изобретения, полезные модели и промышленные образцы, а также товарных знаков и знаков обслуживания. Это не соответствует сложившейся практике лицензирования в странах с развитой рыночной экономикой.

Для нашей страны, учитывая слабость ее промышленного потенциала, продуктивной могла бы стать стратегия, основанная на торговле технологиями. Однако активность российских заявителей на зарубежных рынках пока также невелика. По этому показателю Россия близка к малым странам Европы. Число патентных заявок, подаваемых отечественными заявителями за рубежом, лишь в два раза превышает число заявок, подаваемых в стране. В странах ОЭСР, например, различие между двумя потоками заявок в четыре и более раз выше (в пользу заявок, подаваемых за рубежом). Это свидетельствует о низкой конкурентоспособности отечественных разработок, слабости позиций отечественного технологического бизнеса на международных рынках. Особенно явно наше отставание заметно на фоне интеллектуальной экспансии Китая и Индии. Государство в этих странах оказывает максимально возможное содействие национальным технологическим фирмам, выходящим на мировые рынки.

Число «триадных» патентных семей, охватывающих охраняемые документы европейского, американского и японского патентных офисов (ЕРО, USPTO и JPO), зарегистрированных российскими заявителями, постоянно снижается – с 80 в 1998 до 61 в 2001 и 59 в 2003 гг. По абсолютному значению данного показателя Россия находится на уровне таких интенсивно развивающихся стран, как Сингапур и Тайвань. Однако при пересчете числа патентных семей на 1 миллион населения, рейтинг России снижается до уровня Португалии, Польши и Турции, т.е. стран, не отличающихся инновационной направленностью экономики.

Об уровне национальной конкурентоспособности и месте страны в мировом научном и технологическом сообществе сегодня судят по ее вкладу в «технологии будущего», преимущественно в информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) и биотехнологии. Согласно данным Евростата, в 2003 г. российскими заявителями было подано 139 заявок на изобретения в сфере ИКТ или 0,3% всех патентных заявок, поданных по данному направлению в Европейское патентное ведомство. Российские позиции в данной области гораздо хуже, чем у заявителей из стран – лидеров мировой экономики. Из США подается в 121 раз, Японии – в 76, Германии – в 42, Кореи и Франции – в 19 раз больше заявок, чем из России. При этом динамика числа российских заявок имеет неравномерный характер. В сфере биотехнологий отечественными заявителями подано всего 35 заявок, или 0,4% всех заявок, поданных всеми заявителями по данной тематике. При этом США опережают Россию по рассматриваемому показателю почти в 95 раз, Япония – в 30, Германия – в 26, Великобритания – в 12, Франция – в 11 раз.

В 2006 г. в России действовало 1900 соглашений по экспорту и 1675 соглашений по импорту технологий. Однако, несмотря на количественный перевес экспортных сделок, суммарные выплаты по импорту (1128.4 млн. долл.), в два с лишним раза превысили объем поступлений от экспорта технологий (535.4 млн. долл.), образовав отрицательное сальдо в размере 595 млн. долл.

Отличительной чертой российской торговли технологиями является преобладание неохраноспособных видов интеллектуальной собственности, значительно менее ценных с коммерческой точки зрения. В экспорте технологий доминируют инжиниринговые услуги (36.4%), а также результаты исследований и разработок, не защищенные патентами (34.3%). На долю соглашений, предметами которых являлись охраняемые объекты промышленной собственности в 2006 г. приходилось лишь 2.5% экспорта, тогда как в структуре импорта технологий эта доля достигла 42.8%. В результате средняя стоимость предмета соглашения по импорту технологий в 1.7 раза превышала среднюю стоимость соглашения по экспорту, что является признаком неэффективности торговли технологиями, усиления технологической зависимости России от зарубежных стран. Высокая зависимость России от зарубежных поставок продукции и технологий, возникшая в период экономического кризиса, сохранилась и даже возросла при подъеме национальной экономики.

Анализ баланса платежей за технологии в России по категориям соглашений свидетельствует о том, что положительное сальдо отмечено только по научным исследованиям (50.6 млн. долл.), прочим сделкам, к которым относятся не имеющие технического содержания, но связанные с реализацией конкретного соглашения по обмену технологиями маркетинговые, рекламные, финансовые, страховые, транспортные и другие услуги (67.0 млн. долл.), беспатентным изобретениям (4.3 млн. долл.) и промышленным образцам (1.9 тыс. долл.).

Значительное число высокотехнологических разработок, включая выполненные за счет и с привлечением средств федерального бюджета, передается за рубеж на условиях, наносящих ущерб отечественной экономике. В тоже время нередко заключаются договоры на закупку технологий с невысоким техническим уровнем и эффективностью, нарушением экологических нормативов, неоправданными расходами и предоставлением зарубежным лицензиарам (передающей стороне) преимуществ, противоречащих антимоно-

польному законодательству. Такой, неконтролируемый импорт ведет во-первых, к технологической зависимости России от зарубежных стран и, во-вторых, снижает спрос на отечественные технологии.

Основными российскими экспортерами технологий в 2006 г были предприятия обрабатывающих производств (12.3% объема экспорта), строительные компании (13.1%), научные организации (17.1%), прежде всего отраслевые научные институты; а также организации, предоставляющие прочие виды услуг (34.8%).

Наиболее быстро рынок отечественных технологий развивается в машиностроении (рост договоров в 4.5 раза за 1995–2005 гг.), нефтегазодобывающей (2.8 раза), легкой и пищевой промышленности (2.1 раза), электронике, вычислительной технике и приборостроении (1.9 раза).

Более 20% всех поступлений от экспорта в 2006 г. приходились на организации государственной собственности, 19.3% – частной собственности и 16% – смешанной собственности. Самый большой удельный вес экспортных поступлений, 38.7%, получают предприятия, находящиеся в иностранной собственности. Указанные пропорции слабо коррелируют со структурой российской экономики по формам собственности, а также демонстрируют слабость позиций отечественного частного бизнеса в экспорте технологий.

Импортные технологии приобретаются предприятиями как сырьевых, так и обрабатывающих отраслей. Структура выплат по импорту технологий по формам собственности существенно отличается от структуры экспорта. Основная доля выплат приходится на частный сектор (40,7%) и предприятия, находящиеся в иностранной собственности (почти 23.5%). В структуре импорта доминируют инжиниринговые услуги (в 2006 г. 58.3%). Однако, как отмечалось выше, в отличие от экспорта, заметная часть технологий, ввозимых в Россию, имеет те или иные охранные документы, в основном - на товарные знаки (14.2%). На долю других соглашений, связанных с интеллектуальной собственностью (ноу-хау, промышленные образцы и др.), приходится 9.5%.



Положительным фактором, который может оказать заметное воздействие на развитие страны в долгосрочной перспективе, является расширение масштабов и географии торговли российскими технологиями. Технологический обмен ведется со 110 странами (в 1999 г. - 77). Однако при этом география сделок достаточно четко отражает реальные возможности участия России в технологическом обмене. Основной тенденцией является переориентация России на рынки развивающихся стран и стран переходной экономики. Так, в 1999–2006 гг. доля государств третьего мира в российском технологическом экспорте повысилась с 10.3 до 27.6%, а стран СНГ – с 6.5 до 16.3%. Поступления от экспорта в Китай выросли в 5.2 раза (1999–2006 гг.), а в Индию в 37 раз. Доли этих стран в российском экспорте технологий достигли в 2006 г. 3.3 и 4.6%, соответственно.

Хотя удельный вес стран, входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), в целом в российском экспорте снизился с 83.2% в 1999 г. до 56.1% в 2006 г., они по-прежнему остаются ее крупнейшими торговыми партнерами. Основными покупателями российских технологий являются Нидерланды (22.8%), США (15.9%), Великобритания (3.8%) и Германия (2.2%).

В структуре импорта технологий Россия ориентируется на наиболее развитые страны мира, и эту тенденцию, по-видимому, следует считать одной из самых устойчивых в долгосрочной перспективе. Основным объемом выплат по импорту технологий приходится на США (15.7%), Швейцарию (12.2%), Великобританию (10.3%), Германию (5.9%), Финляндию (6.2%). Доля стран ОЭСР в целом составляет 74.8%.

Устойчиво низкий спрос на российские охраняемые объекты интеллектуальной собственности, особенно со стороны промышленно развитых стран, объясняется в основном двумя причинами: отсутствием отлаженной системы трансфера технологий от разработчиков в реальный сектор экономики и их "полуфабрикатным" состоянием, заключающемся в том, что большую часть потенциальных предметов сделок составляют разработки, находящиеся на

стадии технического решения. Их серьезными недостатками являются значительные дополнительные расходы для покупателя по внедрению технологий в производство, большой риск и отсутствие гарантий обеспечения заданных технико-экономических характеристик объектов соглашений в производственных условиях.

Положительное сальдо в технологическом обмене России и зарубежных стран в основном было достигнуто в лицензионных сделках со странами СНГ, отрицательное сальдо – с большей частью стран ОЭСР, в том числе Австрией, Великобританией, Германией, США, Финляндией, Францией, Швейцарией, Японией и др.

Россия входит в группу из 17 развитых стран, имеющих отрицательное суммарное сальдо платежного баланса, среди них - Швейцария, Ирландия, Сингапур, Корея, Тайвань, Испания, Польша.

Суммарный объем торговли России в 2006 г. составил 2.3 млрд. долл., что в 5.4 раза больше, чем в 1999 г. (418 млн.долл.). Однако это гораздо меньше, чем в экономически развитых странах. Для сравнения заметим, что, например, в Финляндии эта величина суммарного оборота торговли технологиями превышает 5.3 млрд. долл., в Бельгии – 13.5 млрд. долл., в Швейцарии – 21.3 млрд. долл., в Великобритании – 30.0 млрд. долл. в Ирландии 49.7 млрд. долл., не говоря уже о США и Германии, где она достигает, соответственно, 75.4 и 66.3 млрд. долл. В целом объемы технологического обмена с зарубежными странами России сопоставимы с показателями Польши, Чехии и Мексики.

#### ***2.4. Позиция России на рынках высокотехнологической продукции***

Важным критерием конкурентоспособности национальной промышленности является реальный спрос на ее продукцию на внутренних и внешних рынках, где постоянно усиливается активность зарубежных компаний

разных стран мира. Он определяет параметры экспорта и географической специализации импорта-экспорта, сальдо торгового баланса.

Объем российского экспорта высокотехнологичной продукции в 2006 г. составил 9.5 млрд. долл. США, увеличившись в номинальном размере в 1.2 раза в сравнении с предыдущим годом и в 2.2 раза по сравнению с 1996 г. (таблица 2.1). По абсолютным объемам экспорта высокотехнологичной продукции Россия находится на уровне таких стран, как Индия, Португалия и Словакия, уступая Корею в 14, а Китаю и США – в 42 раза. В целом, доля России в мировом экспорте высокотехнологичной продукции в 1996-2006 гг. практически не менялась, оставаясь на уровне примерно 0.2-0.3%.

Таблица 2.1 - Абсолютный объем экспорта высокотехнологичной продукции и доля в его мировом объеме: страны-лидеры и Россия (по состоянию на 2006 г.)

	Млрд. долл. США	% от мирового объема	Ранг
Всего в мире	3331.19	100.00%	
Китай	416.49	12.50%	1
США	402.20	12.07%	2
Германия	321.62	9.65%	3
Япония	216.76	6.57%	4
Гонконг	161.16	5.44%	5
	Млрд. долл. США	% от мирового объема	Ранг
Великобритания	167.56	5.03%	6
Сингапур	152.51	4.58%	7
Россия	9.46	0.28%	33
Остальные страны	455.49	13.67%	

Данные в Таблице 2.1 рассчитаны Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ-ВШЭ по данным UN COMTRADE – Базы данных статистик внешней торговли сырьевыми товарами Организации Объединенных Наций (United Nations Commodity Trade Statistics Database).

Незначительная доля высокотехнологичного экспорта в общем его объеме показывает сырьевую ориентацию российской экономики и низкую конкурентоспособность отечественных предприятий на мировом рынке наукоемкой продукции. Если в 1998 г. она составляла 3.4%, то к 2007 эта доля сократилась до 1.6%. В сравнении с развитыми индустриальными государствами эта величина не достигает уровня Польши и балтийских стран и в десятки раз меньше уровня промышленно развитых стран – Ирландии (29%), Китая (28,2), США (26,1) и др.

Таблица 2.2 - Доля России в мировом объеме экспорта высокотехнологичной продукции на 2006 год (проценты). Источник данных в Таблице 2.2: рассчитано Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ-ВШЭ по данным UN COMTRADE.

Высокотехнологичная продукция	0.28%
В том числе:	
Химические продукты и материалы	1.85%
Неэлектрические машины	0.91%
Воздушные и космические летательные аппараты	0.57%
Измерительные инструменты и оптика	0.22%
Электрические машины	0.15%
Электроника и телекоммуникационное оборудование	0.13%
Фармацевтические и лекарственные препараты	0.08%
Компьютерная и офисная техника	0.02%

Более детальное представление о позициях России на мировом рынке высокотехнологичной продукции можно получить из данных по конкретным товарным группам (таблица 2.2).

Наибольший вес в мировом экспорте у России в группах химических продуктов и материалов (1.9%), неэлектрических машин (0.9%) и аэрокосмической техники (0.6%). Самое незначительное участие России в мировом экспорте высокотехнологичной продукции наблюдается по таким группам, как электроника и телекоммуникационное оборудование (0.1%), фармацевтические и лекарственные препараты (0.1%) и компьютерная и офисная техника (0.02%).

Доля России невелика также в мировом импорте высокотехнологичных товаров. В 2006 г. она вдвое уступала доле Мексики и примерно соответствовала доле Индии. Китай импортирует в десять раз больше высокотехнологичной продукции, а США – в 15 раз. Если по экспорту товаров данной категории Россия занимает 33 место, то по импорту – 20 место. Таким образом, в России, помимо слабо развитого экспортного направления высокотехнологичного производства, наблюдается также относительно невысокий спрос внутренней экономики на высокотехнологичную импортную продукцию.

Внешнеторговый баланс России в сфере высокотехнологичной продукции имеет пассивный характер, причем за период 1998-2005 гг. его сальдо сократилось почти в два раза – с 54.6% до 28% (таблица 2.3).

Таблица 2.3 - Объемы экспорта и импорта России по отдельным высокотехнологичным товарным группам на 2006 год.

	Экспорт, млн. долл. США	Импорт, млн. долл. США	Сальдо, %
Высокотехнологичная продукция	9461.92	33584.36	28.17%
В том числе:			
Неэлектрические машины	2577.38	2040.36	126.32%
Химические продукты и материалы	2546.43	2280.82	111.65%
Воздушные и космические летательные аппараты	1001.57	1461.95	68.51%
Измерительные инструменты и оптика	759.15	2851.08	26.63%
Электрические машины	1458.02	7230.76	20.16%
	Экспорт, млн. долл. США	Импорт, млн. долл. США	Сальдо, %
Электроника и телекоммуникационное оборудование	752.06	8618.92	8.73%
Компьютерная и офисная техника	127.09	2774.97	4.58%
Фармацевтические и лекарственные препараты	240.21	6325.5	3.80%

Источник данных в Таблице 2.3: рассчитано Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ-ВШЭ по данным UN COMTRADE.

Тем не менее, по двум продуктовым группам сальдо остается положительным: это неэлектрические машины (126%) и химические продукты и материалы (112%). В остальных категориях объемы экспорта заметно меньше

объемов импорта. Особенно явно эта диспропорция заметна в группах компьютерной, электронной и фармацевтической продукции, причем она продолжает усиливаться. Так, сальдо баланса по электронике и телекоммуникационному оборудованию в 2006 г. составило 8.7% против 43.5% в 1996 г. По фармацевтическим и лекарственным препаратам сальдо сократилось с 11.6% до 3.8%, а по компьютерной и офисной технике – с 24.6% до 4.6%. Таким образом, в сегменте высокотехнологичных товаров массового потребления в России из года в год нарастает и без того значительная импортозависимость. Особого внимания заслуживает ситуация с импортом лекарств.

В течение долгого периода истории советский промышленный комплекс поддерживал военную специализацию, что не могло не сказаться на структуре производства высокотехнологичных товаров. Здесь с большим отрывом доминирует продукция химической промышленности и тяжелого машиностроения – неэлектрические машины (турбины, реакторы) и авиатехника. Тонкие технологии – электроника, компьютеры, фармацевтика – ориентированные на массовое производство, в совокупности составляют лишь 11.8% высокотехнологичного экспорта (таблица 2.4). Для сравнения, в 1998 г. общий вес этих трех групп превышал 15%.

По специализации высокотехнологичной продукции Россия отличается от остальных стран, в которых в среднем наибольший вес имеют такие группы, как электрические машины (23.5%), химия и материалы (23.5%) электроника и телекоммуникационное оборудование (13.8%) и компьютерная и офисная техника (12.9%). В российском экспорте преобладают неэлектрические машины (27.2%), химия и материалы (26.9%).

Таблица 2.4. Структура экспорта высокотехнологичной продукции России на 2006 год (проценты)

Высокотехнологичная продукция	100.00%
В том числе:	
Неэлектрические машины	27.24%
Химические продукты и материалы	26.91%

Электрические машины	15.41%
Воздушные и космические летательные аппараты	10.59%
Измерительные инструменты и оптика	8.02%
Электроника и телекоммуникационное оборудование	7.95%
Фармацевтические и лекарственные препараты	2.54%
Компьютерная и офисная техника	1.34%

Источник данных в Таблице 2.4: рассчитано Институтом статистических исследований и экономики знаний НИУ-ВШЭ по данным UN COMTRADE.

Индексы экспортной специализации (отношение веса товарной группы в национальном экспорте к весу той же группы в мировом экспорте) позволяют оценить структуру экспорта высокотехнологичных товаров более точно. В последнее десятилетие в экспорте отечественной высокотехнологичной продукции выделяются неэлектрические машины (преимущественно энергетические установки), индекс специализации которых превышает 4 единицы. По экспорту фармацевтических и лекарственных препаратов (0.3), электроники и связной аппаратуры (0.6) и, особенно, компьютерной и офисной техники (0.1), российские предприятия явно не выдерживают конкуренции на мировом рынке. По этим трем позициям с 1996 г. (соответственно, 0.7, 0.9 и 0.2) показатели даже снизились. Специализация в экспорте летательных аппаратов демонстрирует почти двукратное увеличение индекса. Также увеличился индекс специализации по неэлектрическим машинам.

Данные простые расчеты подтверждают в целом низкий уровень конкурентоспособности отечественных высокотехнологичных отраслей. Практически по всем перспективным направлениям (фармацевтика и биотехнологии, электроника, компьютерная и офисная техника) российская продукция неконкурентоспособна по сравнению с китайской, американской, немецкой и японской. По некоторым высокотехнологичным направлениям Россия значительно отстает и от бывших республик СССР и социалистических стран –

Эстонии, Литвы, Польши, Чехии (например, в экспорте компьютерной и офисной техники, электроники и телекоммуникационного оборудования, фармацевтических препаратов, электрических машин).

В результате перераспределения сил на мировых рынках сложилось несколько группировок лидерства по направлениям высокотехнологичного производства. Китай, Сингапур, Южная Корея и другие страны Юго-Восточной Азии заняли лидирующие позиции в экспорте массовой продукции, преимущественно в области электроники, компьютерной и телекоммуникационной техники. В области тяжелого машиностроения, вооружений и химии первенство принадлежит США, Франции, Германии. В экспорте продукции фармацевтики и биотехнологий преуспели Бельгия, Швейцария, Германия и другие европейские страны. В итоге по высокотехнологичному экспорту Россия пока не только не может претендовать на лидерство, но и с трудом удерживает позиции в группе стран «второго эшелона» (за исключением, возможно, направления, связанного с летательными аппаратами).

В области высокотехнологичной продукции массового спроса предприятия России не только не могут пробиться на зарубежные рынки, но и не способны полностью удовлетворить спрос внутри страны. Исключение составляют такие направления, как неэлектрические машины, продукция тяжелого машиностроения, «авиакосмос», которые, тем не менее, не могут сравниться по масштабам рынков с секторами массового производства. Общая доля высокотехнологичной продукции в экспорте промышленных товаров гражданского назначения России составляет около 2%, причем она все последние годы стабильно снижается. Страны Юго-Восточной Азии, в экспорте которых вес высокотехнологичных товаров в десятки раз больше и, к тому же, стремительно растет, составляют серьезную конкуренцию не только России, но и многим крупным мировым экспортерам, в результате замещая их высокотехнологичный экспорт низкотехнологичным, преимущественно, сырьевым.



В условиях открытой экономики отечественные товары, неконкурентоспособные на внешних рынках, быстро теряют конкурентоспособность и на внутренних, вытесняясь импортом. В этих условиях целые отрасли начинают испытывать нехватку финансовых ресурсов, что рано или поздно приводит к их необратимой технологической деградации и полному исчезновению.

К положительной тенденции можно отнести то, что за годы реформ Россия отошла от стратегии промышленной универсализации и находится в поиске собственных рынков сбыта. Об этом также свидетельствует сравнение российского и мирового индексов экспортной специализации. Вполне вероятно, перспективными для нашей страны рынками могут стать тонкие химические технологии, наноматериалы, легкая гражданская авиация, ядерные реакторы на быстрых нейтронах, дешевые военные технологии и др. В настоящее время наиболее конкурентоспособным направлением экспорта высокотехнологичных товаров в России остаются неэлектрические машины и, в частности, оборудование для АЭС и ГЭС. Данная группа товаров характеризуется не только высокой долей российского экспорта в мировом, но, и самой высокой стабильностью этой доли и самым большим торговым сальдо. К перспективным экспортным направлениям для России можно также отнести химические продукты и материалы, а также авиакосмическую технику.

## ***2.5. Сильные и слабые стороны российской промышленности и научно-технологического комплекса(НТК)***

Оценка современного уровня состояния промышленности и научно-технологического комплекса России позволяет сделать следующие выводы относительно их сильных и слабых сторон в настоящее время.

Рассмотрим сильные стороны российского НТК.

1. В России сохраняется довольно масштабный научно-технологический потенциал: пока еще проводятся исследования по относительно широкому спектру областей науки и техники.

2. Имеются существенные заделы по отдельным направлениям науки и технологическим разработкам.

Это положение подтверждается так называемым индексом научной специализации – соотношением доли публикаций российских авторов по конкретной области науки со среднемировым уровнем. Россия входит в число лидеров по ряду важнейших направлений и разработок, в том числе в таких областях как: нанотехнологии, атомная и водородная энергетика, энергосберегающие системы, разработки прикладных программ, охрана окружающей среды

Индекс научной специализации рассчитывается как отношение доли соответствующей области науки в совокупности научных статей, опубликованных авторами из данной страны в ведущих научных журналах мира, к ее доле в общем числе содержащихся в них статей [7]:

$$ISS_U = \frac{A_{it}}{\sum_i A_{it}} / \frac{WA_{it}}{\sum_i WA_{it}}, \quad (2.5.1)$$

где  $ISS$  -индекс научной специализации страны в области  $i$  в году  $t$ ;

$A_{it}$  – число статей в области  $i$ , принадлежащих национальным авторам, в научных журналах, реферируемых в базе данных  $SCI/SSCI$ , в году  $t$ ;

$WA_{it}$  –общее число статей в области  $i$  в научных журналах, реферируемых в базе данных  $SCI/SSCI$ , в году  $t$ .

Аббревиатуры  $SCI$  – *Science Citation Index*;  $SSCI$  – *Social Sciences Citation Index*.

3. Россия пока еще имеет значительный кадровый потенциал в сфере НТК (качество которого, правда, уменьшается). Численность персонала, занятого исследованиями и разработками в России – одна из самых высоких в мире. Россию по этому показателю опережают только КНР и США. При этом Россия находится по этому показателю на уровне одного из признанных мировых технологических лидеров – Японии, и существенно опережает крупнейшие европейские страны (ФРГ, Франция, Италия).

4. Наличие по отдельным направлениям уникальной научной, экспериментальной и испытательной базы.

Российский НТК располагает набором научно-исследовательского оборудования, стендовой и экспериментальной базой, в ряде случаев находящимися на уровне лучших мировых аналогов или являющегося уникальным. Например:

а) Большой Телескоп Азимутальный (БТА) с диаметром главного зеркала 6 м, установленный в Специальной астрофизической обсерватории на горе Семиродник в Зеленчукском районе Карачаево-Черкесской республики на высоте 2070 м над уровнем моря;

б) глубоководный нейтринный телескоп NT-200 на озере Байкал, построенный по инициативе Института ядерных исследований РАН;

в) комплекс оборудования Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) и Летно-испытательного института (ЛИИ) в г. Жуковский, позволяющий проводить натурные испытания любых образцов авиационной техники в широком диапазоне скоростей и условий полета;

г) уникальные экспериментальные и испытательные стенды, позволяющие производить, испытывать и эксплуатировать ракетно-космическую технику;

д) российские модули международной космической станции.

5. Российские научно исследовательские организации и специалисты достаточно активно работают в ряде международных проектов.

Россия является участником международной проектной группы по реализации проекта в области физики высоких энергий по созданию Международного линейного коллайдера. От России в проекте участвуют Объединенный институт ядерных условий в подмосковной Дубне и другие институты.

Российские ученые достаточно активно участвуют в совместных исследованиях и разработках с иностранными партнерами. Наиболее интенсивно международное сотрудничество ведется с партнерами из стран Европы и СНГ: 330 проектов было выполнено с участием европейских партнеров (ЕС,

Исландия, Лихтенштейн, Норвегия, Швейцария), 192 – с участием партнеров из стран СНГ и лишь 178 с участием партнеров из других стран.

6. По абсолютной величине внутренних затрат на исследования и разработки Россия существенно отстает от стран-лидеров, но находится примерно на уровне таких достаточно инновационно развитых стран, как Канада, Италия, и превосходит уровень Испании, Швеции, Нидерландов. В последние годы происходит увеличение финансирования НИОКР. Растут расходы на эти цели государственного бюджета, внебюджетных источников.

Рассмотрим слабые стороны российского НТК.

Главная проблема – значительный разрыв между научно-технологическим потенциалом и эффектом от его использования – производством и экспортом высокотехнологической продукции и технологий. Эта проблема – результат совокупного действия ряда факторов и тенденций, которые можно отнести к одной из трех групп:

- 1) внутренние экономические условия;
- 2) внутренние институциональные условия (несовершенство институтов, как связанных с обеспечением инновационной деятельности, так и общих, обеспечивающих функционирование рыночной экономики в целом);
- 3) внешние условия, связанные с позиционированием российских производителей высокотехнологичной продукции на внешних рынках.

Проанализируем внутренние экономические условия.

1. Низкий уровень затрат на одного исследователя и определенная этим неконкурентоспособность рабочего места.

В России уровень затрат на одного исследователя в 6 – 8 раз меньше, чем в развитых странах Европы, Канаде, в Корее и в Японии, то есть чрезвычайно низок, к тому же имеет место также «распыленность» ресурсов по разным научным и технологическим направлениям. Это ведет к деградации кадрового и материально-технического потенциала сферы НИОКР.

2. Деградация кадрового потенциала

Растет средний возраст исследователя. "Сжимается" возрастная группа 30-49 лет – оптимальная с точки зрения соотношения уровня квалификации, профессионального опыта и трудоспособности исследователей. Увеличение доли молодежи в составе кадрового ресурса в течение последних лет объясняется не стремлением к научно-исследовательской деятельности, а нацеленностью на получение ученой степени и временного освобождения от военной службы. Ухудшение кадрового потенциала значительно снижает возможность проводить качественные исследования и опытно-конструкторские работы.

### 3. Деградация материально-технической базы

Масштабы финансирования закупок нового оборудования не обеспечивают компенсацию морального устаревания и физического износа материально-технической базы сферы НИОКР. Стоимость основных средств исследований и разработок уменьшилась с 73,6% в 1999 году до 45,8% в 2005 году. Эта тенденция наиболее сильна в сфере опытно-конструкторских работ (ОКР), что ведет к исчерпанию возможности проводить конкурентоспособные исследования и ОКР.

### 4. Низкая инновационная активность российских компаний

Удельный вес организаций, осуществляющих технологические инновации, в общем числе организаций в секторе «добывающие, обрабатывающие производства, производство и распределение электроэнергии, газа и воды» составил в 2006 г. в России 9,4%. Это значительно ниже, чем в других странах, особенно развитых. Аналогичный показатель в 2002 – 2004 гг. составил в Германии 72,8%, Великобритании – 44,4%, Франции – 36,1%. Норвегии – 43,4% [8]. Это подтверждается низкими затратами на технологические инновации. Низкое качество инновационной активности российских компаний приводит к низкой доле высокотехнологичной продукции в общем экспорте товаров и услуг страны.

5. Несоответствие структуры спроса со стороны бизнеса, и имеющейся структуры научно-технологических заделов.

Компании не заинтересованы в долгосрочных и высокорискованных финансовых вложениях в разработку собственных технологий, поэтому их спрос на готовые технологии и технологические решения на сегодняшний день главным образом удовлетворяется зарубежными производителями. Те же инновации, что существуют на сегодняшний день, направлены на расширение ассортимента производимой продукции, а не на изменение ее технологического уровня, качественных параметров.

Существенной особенностью технологического развития России сегодня является именно то обстоятельство, что на рынке технологий в России сегодня отсутствуют решения, необходимые для бизнеса. С одной стороны, российская сфера НИОКР не может удовлетворить имеющийся высокий спрос компаний на новые высокотехнологичные решения по отдельным направлениям (радиоэлектроника, телекоммуникации и др.). С другой стороны, технологии, разрабатываемые за счет государственного финансирования (в рамках поддержки критических технологий, реализации отраслевых мега-проектов и др.) в значительной своей части не соответствуют структуре реальных запросов со стороны компаний. Именно этот фактор порождает необходимость систематического проведения национального технологического форсайта, обеспечивающего формирование совместного видения приоритетов и механизмов технологического развития со стороны государства, бизнеса и научного сообщества.

Рассмотрим внутренние институциональные условия воспроизводства научно-технологического потенциала России.

#### 1. Фрагментарность национальной инновационной системы (НИС)

Целостная национальная инновационная система в России отсутствует. Фундаментальные исследования не переходят в прикладные, прикладные – в ОКР, а последние – в промышленную продукцию – цепочки создания инновационной продукции разомкнуты. Звенья цепочки оторваны друг от друга, и каждое решает свои собственные задачи.

В результате высококачественный российский научный потенциал включен в иностранные инновационные системы: перспективные фундаментальные исследования или отдельные технологические решения интегрированы в производственные процессы западных корпораций. Не включенный в иностранные НИС российский научно-исследовательский потенциал недостаточно ориентирован на потребности национального бизнеса в силу инфраструктурных и институциональных ограничений и, соответственно, слабо капитализирован.

Потребности отечественного бизнеса – в технологической модернизации, а внутреннего рынка в высокотехнологичной продукции, удовлетворяются западными производителями, использовавшими в производственном процессе российские научные и, отчасти, технологические разработки. В результате «отключенности» от доходов, порождаемых развивающимися бизнесами, усиливается деградация большей части научно-технологического потенциала страны, технологическое отставание и зависимость от стран-лидеров.

## 2. Незрелость инновационной инфраструктуры

Все взаимосвязано – незрелость инновационной инфраструктуры в стране – важнейшая причина отсутствия полноценной НИС. В настоящее время инновационная инфраструктура не выполняет своей главной задачи – обеспечение бесперебойного и эффективного функционирования полного цикла инновационной цепочки: прохождения инновационного проекта от стадии фундаментального исследования до выпуска промышленной продукции. При этом, отдельные элементы инновационной инфраструктуры не справляется со своей задачей. Так, из 80 действующих в России технопарков всего 10, по оценкам экспертов, работают эффективно. Не отлажен и не продуман механизм перехода созданной инновационной продукции в промышленное производство.

### 3. Несовершенство нормативно-правовой базы

Выстраиваемая инновационная инфраструктура не может успешно функционировать в отсутствие развитых рыночных институтов.

Институциональная среда инновационной деятельности в России на сегодняшний день является препятствием инновационной активности. Неопределенность прав на интеллектуальную собственность (особенно, созданную с участием бюджетных средств) ограничивает деятельность венчурных фондов и малых инновационных компаний. Крупные и средние компании не имеют стимула к осуществлению долгосрочных инвестиций в инновационные проекты в силу ряда институциональных ограничений. Отсутствует реальная защита прав собственности по причинам несовершенства законодательства о собственности и банкротстве, несовершенства функционирования судебной и законодательной систем. Налоговое и таможенное законодательство не стимулируют (иногда – дестимулируют) российский бизнес к производству высокотехнологичной продукции на внутренний рынок и на экспорт.

Таблица 2.5 *Хронология и характеристики технологических укладов*

Характеристики уклада	Номер технологического уклада					
	1	2	3	4	5	6
Период доминирования	1770–1830	1830–1880	1880–1930	1930–1970	1970 - 2010	2010–2050
Технологические лидеры	Великобритания, Бельгия	Великобритания, Франция, Бельгия, Германия, США	Германия, США, Великобритания, Франция	США, СССР, Западная Европа, Япония	США, ЕС, Япония	США, ЕС, Китай, Япония, Россия (?)
Развитые регионы	Европа	Европа	Европа и Россия, Северная Америка, Япония	Европа и СССР, Северная Америка, Япония, Новые индустриальные страны	Европа и Россия, Северная Америка, НИС, Бразилия, Австралия	Евразия, Америка, Австралия
Ядро технологического уклада	Текстильная пр-ть, текстильное машиностроение	Паровой двигатель, железнодо-рожное строитель-	Электротехническое, тяжелое машиностроение, производство	Автомобиле-, тракторостроение, цветная металлургия,	Электронная пр-ть, вычислительная, оптико-волоконная	Нанoeлектроника, молекулярная и нанофото-



	ние, выплавка чугуна, обработка железа, строительство каналов, водяной двигатель	ство, транспорт, машино-, паростроение, угольная, станкоинструментальная пр-ть, черная металлургия	и прокат стали, линии электропередач, неорганическая химия	производство товаров длительного пользования, синтетические материалы, органическая химия, производство и переработка нефти	техника, программное обеспечение, телекоммуникации, роботостроение, производство и переработка газа, информационные услуги	ника, наноматериалы и наноструктурированные покрытия, нанобиотехнология, наносистемная техника
Период доминирования	1770–1830	1830–1880	1880–1930	1930–1970	1970 - 2010	2010–2050
Ключевой фактор	Текстильные машины	Паровой двигатель, станки	Электродвигатель	Двигатель внутреннего сгорания, нефтехимия	Микроэлектронные компоненты	Нанотехнологии, клеточные технологии
Характеристики уклада	Номер технологического уклада					
	1	2	3	4	5	6
Формирующееся ядро нового уклада	Паровые двигатели, машиностроение	Электроэнергетика, тяжелое машиностроение, неорганическая химия	Автомобилестроение, органическая химия, производство и переработка нефти, цветная металлургия, автомобильное строительство	Радиоэлектроника, авиастроение, газовая промышленность	Нанотехнологии, молекулярная биология, геноинженерия	
Преимущества данного технологического уклада по сравнению с предшествующим	Механизация и концентрация производства на фабриках	Рост масштабов и концентрации производства на основе использования парового двигателя	Повышение гибкости производства на основе использования электродвигателя стандартизация производства, урбанизация	Массовое и серийное производство	Индивидуализация производства и потребления, повышение гибкости производства	Резкое снижение энерго и материалоемкости производства, конструирование материалов и организмов с заранее заданными свойствами

Перейдем к анализу внешних условий.

1. Российская экономика имеет систему воспроизводства технологической многоукладности с ярко выраженным преобладанием производств, относящихся к отсталым технологическим укладам. Этим обусловлено существенное отставание уровня технологического развития ключевых секторов российской экономики от стран-лидеров.

В ведущих зарубежных странах в начале 90-х годов произошла структурная перестройка экономики, обусловленная замещением четвертого технологического уклада пятым и сопровождающаяся резким инновационным скачком. С конца 90-х годов пятый уклад становится доминирующим локомотивом экономического развития наиболее развитых в технологическом отношении стран мира

В итоге к концу 80-х годов порядка половины отечественных производств относились к четвертому технологическому укладу, преобладавшему в развитых странах в 60-70-е гг., а подавляющее большинство остальных вообще к третьему и предыдущим, реликтовым укладам.

В настоящее время технологическая многоукладность экономики России сохраняется. По имеющимся оценкам, при этом порядка половины отечественных производств по-прежнему относятся к четвертому технологическому укладу, а подавляющее большинство остальных вообще к более ранним укладам[10]. При этом лишь порядка 10% производств может быть отнесено к пятому и зарождающемуся шестому технологическим укладам. Более того, сложилась система воспроизводства технологической многоукладности российской экономики, что является одним из основных факторов, препятствующих ее модернизации и кардинальному повышению эффективности производства и конкурентоспособности.

Технологическая многоукладность современной российской экономики подтверждается тем фактом, что по данным РСПП разрыв в уровне производства добавленной стоимости на одного занятого труда по девяти исследо-

ванным отраслям между 20% лучших и 20% худших предприятий колеблется от 10 до 20 и более раз.

Таблица 2.6. Перечень сильных и слабых сторон российского НТК

Сильные стороны	Слабые стороны
В России сохраняется довольно масштабный научно-технологический потенциал: пока еще проводятся исследования по относительно широкому спектру областей науки и техники	Внутренние
	<i>Экономические:</i> Неконкурентоспособность рабочего места как следствие низкого уровня затрат на одного исследователя.
Имеются существенные заделы по отдельным направлениям науки и технологическим разработкам.	Деградация кадрового потенциала.
	Деградация материально-технической базы Низкая технологическая и экономическая эффективность большинства отраслей российской промышленности не только по отношению к развитым странам, но и сравнению со многими развивающимися странами
Россия пока еще имеет значительный кадровый потенциал в сфере НТК.	
Сильные стороны	Слабые стороны
Относительно высокие в абсолютных величинах расходы на НИОКР.	Высокотехнологичные отрасли промышленности не только не в состоянии конкурировать на мировых рынках, но и сдают постепенно свои позиции на внутрироссийском рынке, в частности, на рынке инвестиционных товаров.
Наличие по отдельным направлениям уникальной научной, экспериментальной и испытательной базы	Низкая инновационная активность российских компаний.
Российские научно исследовательские организации и специалисты достаточно активно работают в ряде международных проектов.	Диспропорции в сфере создания и использования передовых производственных технологий
Практически все используемые в мире формы поддержки инноваций созданы в стране.	Несоответствие структуры спроса, предъявляемого со стороны бизнеса, и имеющейся структуры научно-технологических заделов.
	<i>Институциональные:</i>
	Фрагментарность национальной инновационной системы.
	Неразвитость инновационной инфраструктуры.
	Несовершенство нормативно-правовой базы.
	<i>Внешние:</i>
	Значительное отставание уровня технологического развития ключевых секторов российской экономики от стран-лидеров, в первую очередь обусловленное сложившейся системой воспроизводства технологической многоукладности российской экономики с ярко выраженным преобладанием производств, относящихся к отсталым технологическим укладам. Существующие политические и экономические барьеры со стороны западных стран для технологического заимствования со стороны российских компаний.

Такое положение дел помимо прочих факторов может быть объяснено только несопоставимым уровнем технологического развития этих предприятий, что означает их принадлежность к разным технологическим укладам

2. Существующие политические и экономические барьеры со стороны западных стран для технологического заимствования со стороны российских компаний: законодательные поправки, затруднения связанные с реализацией наиболее эффективного способа получения передовых технологий через «слияние и поглощение» западных компаний.

Основное препятствие развитию отечественной индустрии рискового капитала – отсутствие источников капитала. Российская банковская система не может быть включена в венчурное инвестирование в силу законодательных ограничений.

## ***2.6. Экономико-географическое положение и климатические условия России***

При анализе современного экономического положения России по сравнению с промышленно развитыми странами мы неизбежно сталкиваемся с двумя основными факторами: 1) географический; 2) климатический. Прежде чем проводить анализ экономических показателей разных стран, сравнивать и сопоставлять их, необходимо понять и учесть основные особенности объекта анализа – конкретную экономику отдельно взятой страны, которая имеет свое, отличное от других стран, положение на планете, географическое положение и соответствующий этому положению, климат. От этих двух факторов напрямую зависят такие показатели, как транспортные расходы и затраты на энергию в любом производстве, и косвенно, но весьма ощутимо, зависят материальные затраты, затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды, амортизация основных фондов, и, наконец, прочие затраты.

В различных словарях иностранных слов русского языка можно найти следующие определения слова «климат»:

«климат. (греч. klima, atos). – местные свойства страны относительно температуры и проистекающих отсюда явлений атмосферы.» (Словарь иностранных слов, вошедших в состав русского языка.- Чудинов А.Н., 1910.);

«климат – метеорологические условия, свойственные данной местности.»( Толковый словарь иностранных слов Л. П. Крысина.- М: Русский язык, 1998.);

«климат – совокупность метеорологических условий, обычных для какой-нибудь местности. Климат определяется средним состоянием температуры воздуха, осадков, ветров, барометрического давления» (Большой словарь иностранных слов.- Издательство «ИДДК», 2007.).

В толковом словаре Даля: «климат – состояние воздуха известной местности, относительно жары и стужи, сухости, сырости, длительности времен года и пр., погоды. Климат зависит от широты места, близости моря, материков, от высоты местности, от гор, лесов, вод и болот и других, еще мало известных отношений.»

В научно-техническом энциклопедическом словаре: «климат – обобщенное обозначение погодных условий в некоторой местности или регионе, преобладающих на протяжении длительного периода времени. Ежедневно фиксируемые данные о погоде накапливаются, а затем обобщаются, что дает представление об основных климатических тенденциях. Основными факторами, оказывающими воздействие на климат, являются температура, движение воздушных масс, поступающее и отдаваемое излучение, а также влажность. Климат классифицируют по масштабам (от макроклимата, определяемого для обширных регионов земного шара, до микроклимата конкретного участка - леса или поля).»

Из этих определений становится понятным, что климат и географическое положение – это взаимосвязанные понятия, и что к конкретной местности привязаны конкретные, присущие этой местности, климатические условия.

Для того, чтобы выяснить, где российские предприятия имеют преимущества перед зарубежными, обязательно нужен масштаб – нужно сравнение с другими странами мира.

Россия располагается в Северном полушарии на севере материка Евразия, приблизительно на трети территории Евразии, точнее, на востоке Европы и на севере Азии. Россия имеет самую большую среди всех стран мира общую протяжённость границ – 60933 км, из которых более половины границ, 38808 км, – это морские границы. Морские границы расположены на севере и на востоке России, сухопутные границы – в основном на юге и на западе. Россия имеет очень большую площадь территории, при этом условия климата на большей части её территории не благоприятствуют как проживанию, так и ведению сельского хозяйства. Россия – страна природных контрастов: градиент **средних** температур наиболее тёплого месяца составляет 24°C: от +25°C на Прикаспийской низменности до +1°C на Крайнем Севере; для самого холодного месяца перепад средних температур еще больше и составляет 44°C: от –50°C на севере восточной Сибири до +6°C вдоль Черноморского побережья.

Особенности климата России определяются набором географических факторов: географическим положением, размерами и протяжённостью с запада на восток и севера на юг, а также разнообразием рельефа –от равнин до гористых местностей. При этом изменение климата в европейской части страны до уральских гор, а именно похолодание, происходит с запада на восток. После уральских гор, на большей части азиатской территории страны, в Сибири, похолодание, уменьшение температур, происходит с юга на север.



Рис.2.3. Лондонский зоопарк, фото сделано 30 апреля 2009 года



Рис.2.4. Красный банан. Лондонский зоопарк, павильон бабочек. Дата съёмки: 23 апреля 2009.

Но оказывается, что в Западной Европе климат еще теплее, чем на европейской территории нашей страны. Например, в Англии температуры почти никогда не падают ниже  $+11^{\circ}\text{C}$ , там произрастают такие теплолюбивые растения, как пальмы, бамбук и вырастают бананы. Воспользовавшись современными интернет-сервисами, можно фактически проверить эти, кажущиеся удивительными для среднестатистического жителя России, факты.

На рис. 2.3. и 2.4. показаны оригинальные фотографии, выложенные в Интернет фотографами – любителями путешествий и взятые с сайта <http://fotki.yandex.ru>, где приведены также и даты фотосъемки. Подобные услуги предоставляют также сервисы Google (<http://picasaweb.google.ru>) и Rambler (<http://foto.rambler.ru/>).

На северо-востоке Соединенных Штатов Америки расположены семь американских штатов: Род-Айленд, Массачусетс, Нью-Гэмпшир, Коннекти-



Рис.2.5. Принстонский университет, г. Принстон, штат Нью-Джерси. Обвитый плющом фасад здания.



кут, Нью-Йорк, Пенсильвания и Нью-Джерси. По географической широте эти штаты расположены между 39 и 41 градусами. В каждом из них имеется старинный университет, а в штате Нью-Йорк – два университета: Корнелльский и Колумбийский. Эти восемь университетов знамениты тем, что они образуют так называемую Лигу Плюща или Плющевую лигу, по английски – Ivy League. Название это было присвоено за то, что стены старинных зданий этих университетов оплетены лианами плюща. Но плющ это очень теплолюбивое растение, на территории России плющ произрастает только на Кавказе и в Крыму.

Например, параллель 44 градуса проходит в этих местах через Пятигорск, Ессентуки и вблизи Ялты. А это, как известно, наши знаменитые **южные** курорты Кавказских минеральных вод и черноморского побережья Кавказа. Для США эти широты – северо-восток, а для России – теплый юг.

«Северная» страна Норвегия расположена между широтными параллелями 58 и 73 градуса на западе Скандинавского полуострова, на севере Европы. Для примера, Санкт-Петербург находится на одной широте со столицей Норвегии городом Осло – это северная широта (с.ш.) 59 градусов, только Санкт-Петербург восточнее Осло на 20 градусов: меридиан восточной долготы (в.д.) Осло – 10 градусов, а долгота Санкт-Петербурга – 30 градусов. Те, кто часто бывал в Санкт-Петербурге, могут сказать, что зимние температуры, количество снега там приблизительно такие же как, например, в Томске или в Новосибирске, если не считать типично сибирские морозы ниже 25 градусов Цельсия. Вместе с тем рассказы туристов о клубничной столице Норвегии маленьком городке Валлдале, о высококачественной норвежской вкусной клубнике, которой можно лакомиться уже в мае, совсем не редкость.

Уникальность Западной Европы в том, что этот регион близко расположен к северному полюсу и, вместе с тем, здесь очень тепло. Климат здесь меняется по направлению от побережья и в глубь континента, то есть с запада на восток, но в некоторых областях похолодание может идти даже с севера на юг. Получается, что в Санкт-Петербурге (59°с.ш., 30° в. д.) теплее, чем в

Москве ( $55^{\circ}$  с.ш.,  $37^{\circ}$  в.д.), хотя Санкт-Петербург расположен гораздо севернее Москвы, приблизительно на 450 километров, потому в Питере и можно наблюдать белые ночи в июне. Вместе с тем, Санкт-Петербург расположен западнее Москвы на 7 градусов широты.

Столица Финляндии город Хельсинки ( $60^{\circ}$  с.ш.,  $24^{\circ}$  в.д.) расположен приблизительно на тысячу километров севернее российского города Орел ( $52^{\circ}$  с.ш.,  $36^{\circ}$  в.д.), но в Хельсинки зимой, в зимние месяцы декабрь, январь и февраль, на 4–5 градусов теплее, чем в Орле. Но Хельсинки на 8 градусов широты западнее Орла.

В чем же кроется причина такого необычного европейского климата, необычного и непривычного для среднестатистического жителя большей части России – азиатской Сибири с ее континентальным климатом, где температура понижается с юга на север, где абсолютные значения зимних температур в среднем заметно ниже, чем в Европе.

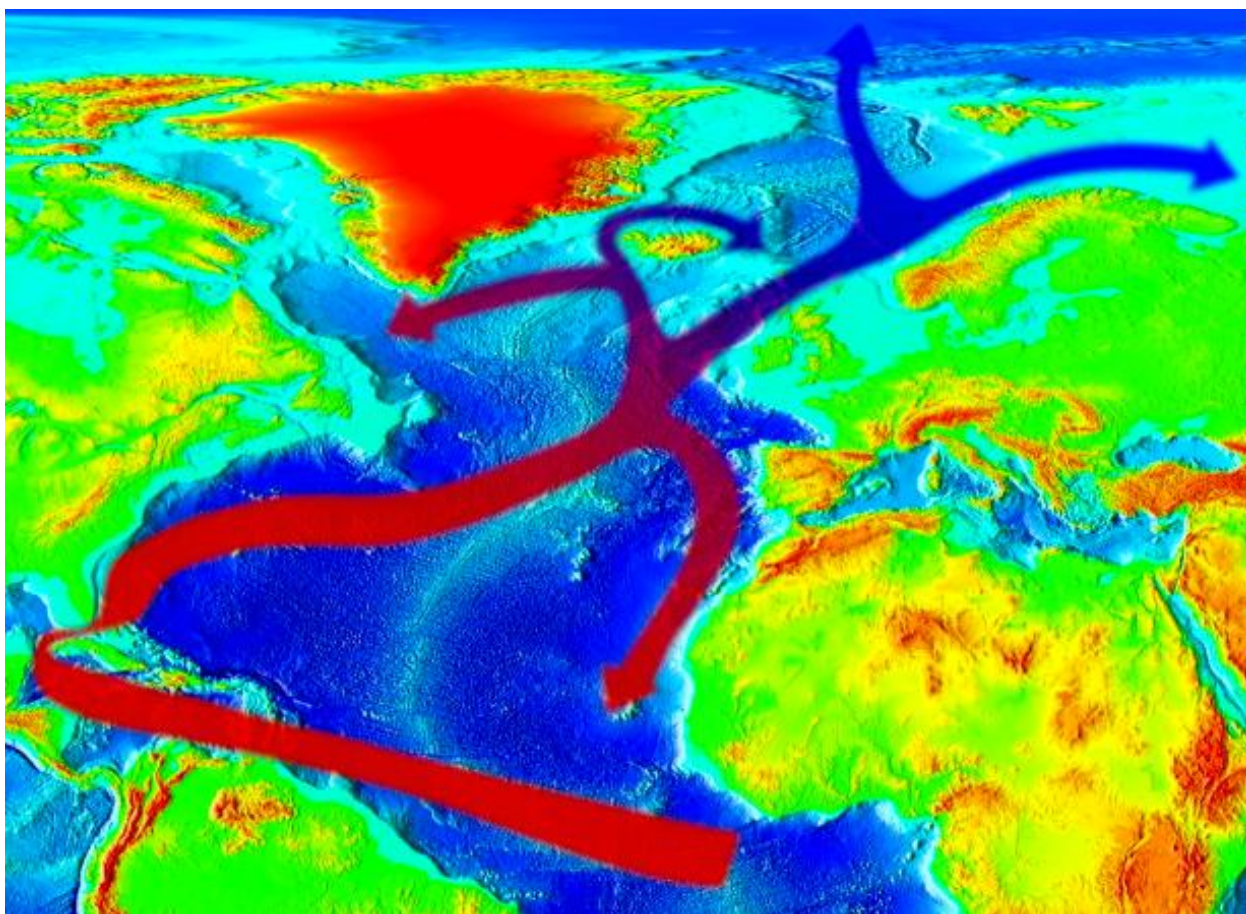


Рис. 2.6. Гольфстрим. Карта.

Причина этого – необычное и замечательное географическое явление – Гольфстрим, название, происходящее от английских слов *gulf stream*, что означает течение из залива. Гольфстрим это морское течение в Атлантическом океане, отличающееся относительно высокой температурой воды, которая в разных местах имеет значения от 5 до 26 градусов Цельсия.

Гольфстрим начинается от Юкатанского течения, названного так от того, что через пролив небольшой ширины между островом Куба и полуостровом Юкатан, оно втекает в Мексиканский залив из Карибского моря. В Мексиканском заливе образуется Флоридское течение (*Florida Current*), которое через узкий пролив между островом Куба и полуостровом Флорида (США) выходит в Атлантический океан. Флоридское течение, заметно нагретое в Мексиканском заливе, накопившее большое количество теплоты, соединяется с Антильским течением (*Antilles current*) около Багамских островов и образует Гольфстрим, протекающий вдоль Атлантического побережья США.

Приблизительно около Северной Каролины (*North Carolina*), штата на востоке США, Гольфстрим отклоняется от территории США по направлению в открытый океан и покидает прибрежную зону. Через полторы тысячи километров Гольфстрим встречается с заметно более холодным Лабрадорским течением, которое отклоняет его ещё сильнее на восток в сторону Европы. Лабрадорское течение – это холодное морское течение в Атлантическом океане, которое проходит между канадским берегом и Гренландией и направлено на Юг. Обусловленная вращением Земли, так называемая сила Кориолиса, также является дополнительной причиной отклонения Гольфстрима на восток к берегам Европы.

Потери тепловой энергии Гольфстрима, связанные с процессами испарения, охлаждения, различными посторонними ответвлениями, хотя и значительны, но, тем не менее, позволяют доставить к Европейскому континенту достаточное количество тепла, что обуславливает необычный для этих широт, теплый и мягкий климат.

Именно из-за Гольфстрима европейская температура зимой в среднем выше нуля, при этом приблизительно в одно и то же время начинается весна, а именно в январе–феврале. В противоположность этому в России весна может начаться как в марте, так и конце апреля – начале мая, причем сроки эти зависят от воздушных масс, вторгающихся с западного направления.

Цитируя известного советского климатолога Б.П.Алисова, создателя принципиально новой классификации климата, можно отметить [11]: «Западная и Центральная Европа... образуют Атлантико-Европейскую климатическую область, где ведущими факторами влияния выступает как атлантический морской, так и европейский континентальный воздух (прогретый, но не влажный). Вместе с тем на Западе Европы влияние Атлантики сильнее, и



Рис.2.7. Изотермические линии (изотермы) в Европе проходят меридионально.

здесь не бывает крупных очагов континентального воздуха... Иначе говоря, здесь не бывает или почти не бывает длительных похолоданий или жары... частота вхождений атлантического воздуха и сила его влияния столь велики, что зимою изотермы в Европе, за исключением Севера, идут в меридиональном, а не в широтном направлении».

На рис.2.7. на карте [12] показаны изотермы, линии постоянной температуры, которые в Европе проходят меридионально, то есть вдоль меридиана. Это означает, что на территории вдоль изотермы температура остается постоянной и одинаковой в одном и том же сезоне и в районе норвежской столицы Осло, и в районе Парижа, и в районе Сочи – ноль градусов Цельсия. Это означает, что по суровости зимнего климата эти территории одинаковы. Но меридиональный ход изотерм означает также, что при движении в европейской части территории с запада на восток, например по направлению Лондон – Бонн – Варшава – Минск – Москва, температура будет уменьшаться приблизительно следующим образом :  $+5^{\circ}\text{C} \div 0^{\circ}\text{C} \div -2^{\circ}\text{C} \div -6^{\circ}\text{C} \div -10^{\circ}\text{C}$ .

Выше отмечалось, что северо-восточные районы США находятся на широте наших южных курортов, то есть все США находятся еще ближе к экватору, чем наши теплые южные районы. Поэтому климатические условия в США сопоставимы и сравнимы с климатическими условиями на европейском континенте – такой же мягкий климат. А вот Канада расположена севернее США, поэтому не вся территория этой, относительно северной страны, заселена – люди живут на Атлантическом побережье, на востоке страны, и на западном Тихоокеанском побережье. Населенные части Канады имеют климат более благоприятный, чем, например, в центральных регионах России: среднегодовые значения температуры в Москве и Санкт-Петербурге на 4 – 6 градусов ниже, чем в Монреале на Восточном побережье Канады и на западном побережье в Ванкувере.

В Финляндии ситуация с расселением людей похожа на ситуацию в Канаде – густонаселенными являются районы с комфортными условиями проживания. На северо-востоке страны расположена зона тайги и плотность

населения невелика, в тоже время западная часть территории, представляющая собой область широколиственных лесов, является густонаселенной.

Великий французский географ и историк Реклю, член Парижского Географического общества, в своем величайшем, 19-ти томном, труде «Земля и люди» [13] дал определение эффективной территории, где возможны относительно нормальные проживание и деятельность людей – ее расположение не выше двух тысяч метров над уровнем моря, а средняя годовая температура на эффективной территории не менее двух градусов Цельсия. Так называемая эффективная площадь представляет собой площадь территории страны, наиболее пригодную и комфортную для проживания человека.

Как отмечено в работе [14,15], 60% территории России приходится на районы холодного климата и вечной мерзлоты, поэтому при наличии большого физического пространства наблюдается экологическая нехватка территории. В России эффективная площадь, которая располагается к югу от среднегодовой изотермы  $-2^{\circ}\text{C}$ , составляет менее трети территории России. Но, при этом, российская эффективная площадь – наиболее холодная в мире.

На территории России климатические условия обуславливаются сильным арктическим воздействием, в силу чего повсюду выражен зимний сезон со среднемесячными температурами ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , при котором формируется устойчивый снежный покров [14,15]. Климат России характерен наиболее низкими температурами относительно всех стран мира, практически вся российская территория лежит в зоне морозных зим.

Размещение жителей по территории России неравномерно: основное население проживает в Европейской части (плотность 27 чел. на  $1\text{ км}^2$ ), в Уральском регионе – 11 чел. на  $1\text{ км}^2$ , в Сибири и на Дальнем Востоке – 3 чел. на  $1\text{ км}^2$ , а на Севере – менее человека на  $1\text{ км}^2$  [14,15].

Зональность климатических условий и характер водно-теплового режима отражаются в семи зонах комфортности условий жизни, которые выделяют климатологи: I – абсолютно дискомфортная, II – экстремально дискомфортная, III – дискомфортная по теплообеспеченности, IV – относительно

дискомфортная, V – условно (относительно) комфортная, VI – комфортная, VII – дискомфортная по водообеспеченности (рис. 2.8) [14].

В работе [14] приведены следующие данные по густонаселенности территорий указанных зон по состоянию на 2000 г.: в 1 зоне проживало 2,246 тыс. человек; во 2 – 3,612 тыс. человек; в 3 – 4,678 тыс. человек; в 4 – 23,214 тыс. человек; в 5 – 72,964 тыс. человек. Западные и юго-западные районы России относятся к благоприятным для жизни населения, здесь соотношение тепла и влаги близки к оптимальным. Большое количество солнечных дней, благоприятных для пребывания человека на открытом воздухе, характерно для побережий Черного и Азовского морей.

Различия российских регионов по комфортности климата чрезвычайно значительны. Для России характерен резкий градиент комфортности климатических условий между Европейской и Азиатской частями России. Даже в южной Сибири климат менее комфортный, чем в большинстве областей европейской России. А в северных округах и республиках, от Ямало-ненецкого округа до Чукотки, климат наиболее суров [14,15].

Кроме среднегодовой температуры существуют такое важное понятие, как суровость климата, которая характеризуется перепадами ночной и дневной температуры и перепадами зимней и летней температуры. Арктическое влияние на открытую с севера территорию России обуславливает также общую суровость климата страны. Более резких температурных перепадов, как в России, не наблюдается нигде в мире.

Суровость климата влияет на многие отрасли производства: на сельское хозяйство, на строительство зданий, на транспортное строительство, в первую очередь строительство автомобильных дорог и другие. Это влияние таково, что все основные отрасли производства в России оказываются более затратными, чем в других странах мира.

Строительные нормы и правила (СНИП) указывают, что глубина, на которой должна быть расположена подошва фундамента здания, должна быть ниже глубины промерзания грунта в данной местности. В противном



Рис.2.8. Районирование России по природно-климатическим условиям жизни [14]

случае в теплое время года, когда почва оттает, такой неглубокий фундамент попросту «поплывет», что повредит все здание. Ясно, что чем глубже нужно вкапывать фундамент, тем более затратной будет эта работа и тем более дорогой этот фундамент получится. В литературе можно найти данные по глубине промерзания грунтов, которая различна и определяется географическим положением. Средняя глубина промерзания для районов следующих городов составляет [16,17]: 100 см – Рига, Вильнюс, Астрахань, Киев, Ростов-на-Дону, Минск; Волгоград, Великие Луки, Курск, Псков, Смоленск – 1,2 м; Санкт-Петербург, Москва, Воронеж, Новгород – 1,4 м; Кострома, Пенза, Саратов, Вологда – 1,5 м. Более подробные сведения по глубинам промерзания и соответствующие карты можно найти в интернет [18].

Все в капитальном строительстве, что связано с глубиной промерзания, имеет отношение и к строительству различных коммуникаций и трубопроводов. В Европе трубопроводы обычно идут по поверхности земли.



Таблица 2.7. Глубина промерзания грунта [18].

Глубина промерзания	Города
70 сантиметров	Калининград, Львов, Николаев, Кишинев, Одесса, Симферополь, Севастополь
80 сантиметров	Фрунзе, Алма-Ата
90 сантиметров	Рига, Минск, Киев, Днепрпетровск, Ростов–на – Дону
1 метр	Таллин, Харьков, Астрахань
1 метр, 10 сантиметров	Псков, Смоленск, Курск
1 метр, 20 сантиметров	Петербург, Воронеж, Волгоград, Гурьев
1 метр, 40 сантиметров	Тверь, Москва
1 метр, 50 сантиметров	Вологда, Кострома, Пенза, Саратов
1 метр, 60 сантиметров	Самара, Уральск
1 метр, 70 сантиметров	Киров, Ижевск, Казань, Ульяновск
1 метр, 80 сантиметров	Сыктывкар, Уфа, Актюбинск, Оренбург
1 метр, 90 сантиметров	Свердловск, Челябинск, Пермь
2 метра	Курган, Кустанай
2 метра, 10 сантиметров	Тобольск, Петропавловск
2 метра, 20 сантиметров	Омск, Новосибирск, Томск.

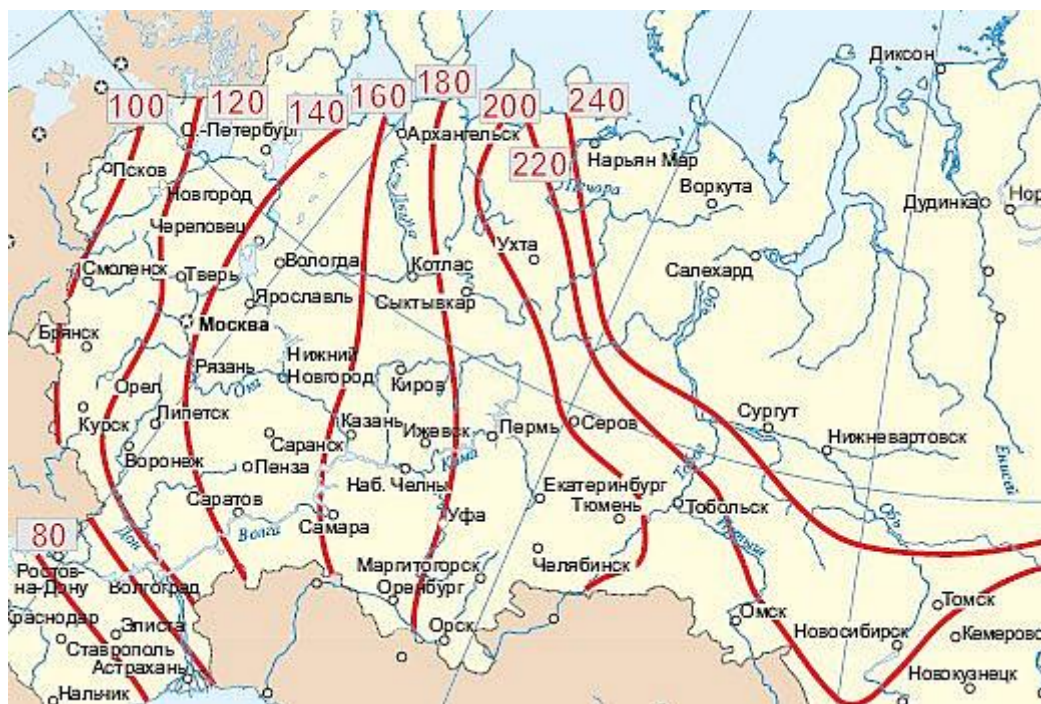


Рис. 2.9 Карта глубин промерзания грунтов на большей части российской территории [18].

В российских условиях, в соответствии со Строительными нормами и правилами, инженерные коммуникации должны располагаться, также как и фундаменты, ниже точки промерзания грунта. Следовательно, российские инженерные коммуникации обходятся заметно дороже в европейском, и близком по климатическим условиям, американском строительстве.

Значительные снежные покровы, характерные для зимних условий на большей части российской территории, предъявляют особые, относительно европейских и американских условий, требования к конструкции и устройству крыш и кровель – эти сооружения должны быть особо прочными и надежными, что удорожает расходы на строительные материалы и изготовление.

Но особо затратными в российском строительстве является изготовление стен зданий, соответствующих суровому климату и сберегающих тепло в зданиях. Толщина кирпичных российских домов должна быть в 50 – 90 см и даже более, в зависимости от района России – южный, центральный или северный. Соответственно российским стенам особые требования предъявля-



Рис.2.10. Карта–схема: Федеральные округа Российской Федерации.

ются и к российскому остеклению окон – рамы должны быть двойные или тройные для наиболее эффективного теплосбережения. Тогда как в Западной Европе возможно обходиться одинарным остеклением.

В «Российской газете» от 9 февраля 2010 г. № 26 (5105) опубликован Приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 25 декабря 2009 г. №603 «О средней рыночной стоимости 1 квадратного метра общей площади жилья по субъектам Российской Федерации на первый квартал 2010 года».

Средняя рыночная стоимость 1 квадратного метра  
общей площади жилья по субъектам  
Российской Федерации на второй квартал 2010 года

Центральный федеральный округ			Приволжский федеральный округ			Южный федеральный округ			Северо-Кавказский федеральный округ			Дальневосточный федеральный округ		
1	Белгородская область	25 700	43	Республика Башкортостан	27 800	30	Республика Адыгея (Адыгея)	19 800	36	Республика Дагестан	22 750	68	Забайкальский край	26 400
2	Брянская область	26 850	44	Республика Марий Эл	26 850	31	Республика Калмыкия	18 200	37	Республика Ингушетия	17 150	69	Красноярский край	30 400
3	Владимирская область	28 100	45	Республика Мордовия	26 500	32	Краснодарский край	30 450	38	Кабардино-Балкарская Республика	21 950	70	Иркутская область	30 500
4	Воронежская область	24 950	46	Республика Татарстан (Татарстан)	26 200	33	Астраханская область	24 700	39	Карачаево-Черкесская Республика	18 850	71	Кемеровская область	26 050
5	Ивановская область	23 750	47	Удмуртская Республика	28 500	40	Республика Северная Осетия — Алания	17 200	41	Чеченская Республика	18 450	72	Новосибирская область	32 100
6	Калужская область	30 000	48	Чувашская Республика — Чувашия	25 300	42	Ставропольский край	22 250	42	Ставропольский край	22 250	73	Омская область	27 500
7	Костромская область	26 900	49	Пермский край	28 400				74	Томская область	31 850			
8	Курская область	22 700	50	Кировская область	26 900				<b>Дальневосточный федеральный округ</b>					
9	Липецкая область	27 700	51	Нижегородская область	33 000				75	Республика Саха (Якутия)	35 700			
10	Московская область	42 950	52	Оренбургская область	26 800				76	Камчатский край	36 600			
11	Орловская область	24 150	53	Пензенская область	26 250				77	Приморский край	34 550			
12	Рязанская область	28 550	54	Самарская область	29 450				78	Хабаровский край	33 050			
13	Смоленская область	24 250	55	Саратовская область	23 250				79	Амурская область	30 850			
14	Тамбовская область	23 450	56	Ульяновская область	22 400				80	Магаданская область	33 950			
15	Тверская область	33 300	<b>Уральский федеральный округ</b>						81	Сахалинская область	41 250			
16	Тульская область	27 800	57	Курганская область	26 000				82	Еврейская автономная область	20 300			
17	Ярославская область	30 100	58	Свердловская область	33 600				83	Чукотский автономный округ	30 100			
18	г. Москва	73 800	59	Тюменская область	32 450									
<b>Северо-Западный федеральный округ</b>			60	Челябинская область	26 400									
19	Республика Карелия	33 850	61	Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	36 500									
20	Республика Коми	30 200	62	Ямало-Ненецкий автономный округ	40 750									
21	Архангельская область	28 750	<b>Сибирский федеральный округ</b>											
22	Вологодская область	28 550	63	Республика Алтай	31 000									
23	Калининградская область	30 800	64	Республика Бурятия	23 500									
24	Ленинградская область	31 800	65	Республика Тыва	24 300									
25	Мурманская область	24 000	66	Республика Хакасия	22 550									
26	Новгородская область	26 250	67	Алтайский край	25 450									
27	Псковская область	28 900												
28	Ненецкий автономный округ	39 350												
29	г. Санкт-Петербург	44 300												

Рис.2.11. Средняя рыночная стоимость 1 кв. м

Используя данные рис.2.11 нетрудно построить диаграмму (рис.2.12), наглядно отображающую рост рыночной стоимости жилья при переходе от южных округов к северным и дальневосточным округам.

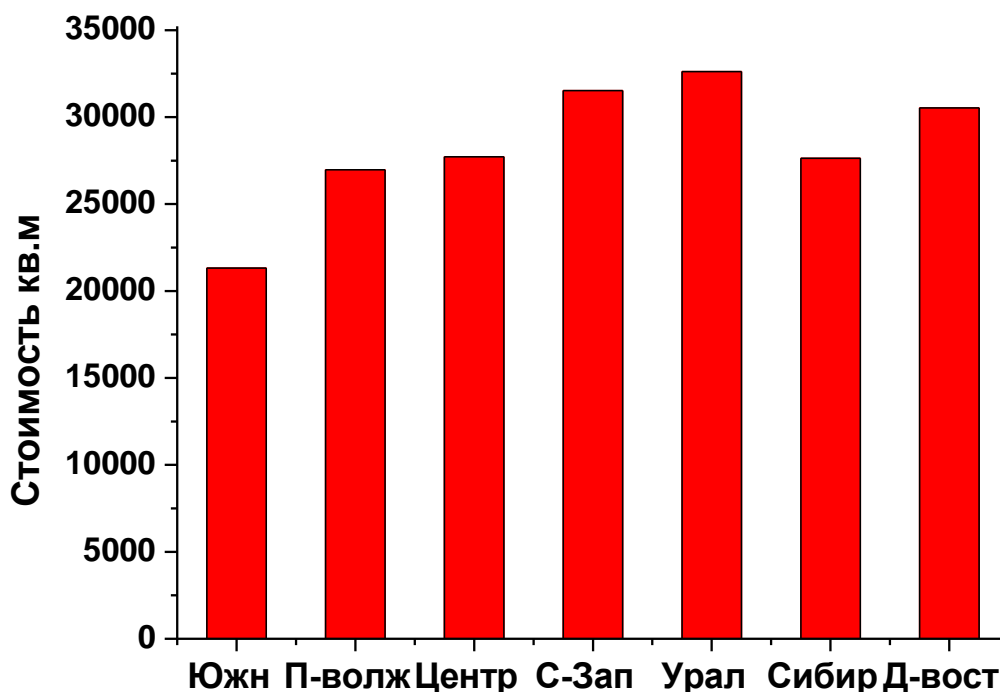


Рис.2.12. Диаграмма, показывающая рост рыночной стоимости жилья при переходе от южных к северным и дальневосточному округам РФ.

При суровом российском климате затраты на отопление оказываются тоже очень высокими в абсолютном исчислении и относительно этих же затрат в Европе или в Южной Азии. В зимнее время, когда в отапливаемом помещении температура поддерживается +20 градусов Цельсия, а в окружающем пространстве температура – 20 ÷ –40 градусов Цельсия, то разница, перепад температур составляет 40 – 60 градусов Цельсия. При таких условиях затраты на поддержание пригодных для жизни условий в жилых помещениях и в производственных становятся сравнимыми со всеми издержками на производство.

И несколько слов следует сказать об уровне зарплаты российской рабочей силы. В условиях сурового климата, затрат на обогрев и поддержание нормальных условий жизнедеятельности, включая хорошее, калорийное питание, теплую одежду зарплата российского рабочего или специалиста в ры-

ночной экономике, например, в сфере производства, не может быть ниже соответствующей среднемировой зарплаты. Это необходимо для физического выживания человека, компенсации его затрат на отопление, теплую одежду, питание, транспорт и многое другое.

В то время, когда составлялся настоящий материал, 08.12.2011 года, газета «Ведомости» опубликовала статью Алексея Непомнящего «Почему в России невыгодно собирать автомобили». Эта публикация основана на статье «Дорогая Россия» из газеты «Ведомости» от 08.12.2011, №232 (2998). В аннотации к статье А.Непомнящего говорится: «Конкурентное преимущество России в виде дешевых энергоносителей и рабочей силы – миф. Производство автомобилей на калужском заводе Peugeot-Citroen и Mitsubishi дороже сборки в Европе на 5% и на 15-20% – в Китае или Корее» [19].

Процитируем эту интересную статью полностью: «Стоимость производства автомобилей на калужском заводе «ПСМА рус» (СП PSA Peugeot-Citroen и Mitsubishi) на 5% выше, чем стоимость производства тех же машин в Европе и Бразилии, и на 15-20% выше — чем в Китае или Корее, заявил вчера на организованном «Ведомостями» форуме «Автоэволюция» гендиректор «ПСМА рус» Дидье Альтон. Начиная строительство своего завода в России, PSA Peugeot-Citroen и Mitsubishi рассчитывали, что издержки будут ниже, но «если тарифы на газ в России действительно невысоки, то электричество оказалось довольно дорогим», сказал он. Выше ожидаемых оказались и расходы «ПСМА рус» на рабочую силу: зарплаты рабочих заметно ниже, чем в Европе, но с учетом расходов на транспортировку сотрудников, их питание, обучение и выполнение требований Трудового кодекса издержки оказались слишком высокими, резюмировал Альтон.

Участники рынка и ранее жаловались на то, что издержки в российском автопроме слишком высоки, однако связывали это в первую очередь с дороговизной комплектующих. Индекс цен на автокомпоненты в России для Volkswagen выше, чем в любой другой стране мира, где у концерна есть свои производства, говорил год назад занимавший тогда должность гендиректора

«Фольксваген груп рус» Дитмар Корцеква. The Boston Consulting Group выяснила, что причиной этого являются низкие объемы производства комплектующих и высокий уровень брака. Все это ведет к росту цен на запчасти. Удовлетворяющих стандартам «ПСМА рус» поставщиков комплектующих в России действительно мало, согласен Альтон.

Издержки автомобильного производства в России действительно высоки: дешевизна рабочей силы и энергоносителей — миф, подтверждает директор российского офиса A.T.Kearney Евгений Богданов. Зарплаты снижаться вряд ли будут, как и стоимость электроэнергии. Поэтому единственный способ снизить себестоимость производства — наращивать его объемы, что позволит «размыть» постоянные издержки на большее число автомобилей, считает он. Себестоимость производства автомобилей в России все же ниже, чем в Западной Европе, уверяет сотрудник одного из иностранных автоконцернов: сами зарплаты там выше, а рабочая неделя меньше, да и стоимость той же электроэнергии довольно высока.

Даже с постепенным снижением пошлин после вступления России в ВТО в течение нескольких лет вряд ли у иностранных компаний будут серьезные стимулы сокращать здесь производство, ведь стоимость перевозки готового автомобиля может в разы превышать затраты на перевозку компонентов для его сборки, считает Богданов. Та же «ПСМА рус» тоже не собирается сворачивать производство в России: напротив, доведя мощности своего завода до изначально запланированных 125 000 автомобилей в год, компания рассматривает возможность дальнейшего увеличения объемов производства, в том числе и с российскими партнерами, отметил Альтон.» [19].

Можно много приводить еще подобных примеров, которые читатель сможет найти в другой, более специализированной или популярной литературе. Подводя итог, возможно сделать следующие выводы. Такие экономические характеристики, как затраты на капитальные вложения, зарплату и накладные расходы в России, в среднем, выше мировых, а затраты на добычу сырья на уровне среднемировых.

Следствием вышесказанного является очень высокий уровень издержек всякого производства на территории России, и эти издержки выше, чем в произвольном промышленном районе мира. Главной причиной этого является слишком суровый климат, благодаря чему и производство, и элементарное проживание в России требуют значительного расхода энергоносителей: угля, нефти, газа и электричества. Вследствие этого при сопоставимых условиях и поскольку энергоносители и, полученная из них, энергия, имеют свою цену и стоимость, отечественная продукция получается дороже.

Отсюда – три малоутешительных результата: 1) себестоимость отечественной промышленной продукция, сходной с иностранной по потребительским параметрам, заметно выше и при ее реализации по ценам мирового рынка чаще всего вместо прибыли приносит убыток; 2) отечественных инвесторов больше привлекают зарубежные рынки капитала ; 3) отечественные предприятия невыгодны для вложения иностранного капитала.

Преодолевать проблемы российской экономики и можно и чрезвычайно необходимо. Основной путь – широкое использование нововведений, направленное на достижение следующих целей:

1. Повышение эффективности использования традиционных материальных ресурсов на основе уменьшения материалоемкости промышленной продукции
2. Создание и освоение новых материалов с высокими эксплуатационными характеристиками и стабильностью физико-механических свойств во времени
3. Применение прогрессивных, новейших материалов.
4. Разработка принципиально новых образцов товаров широкого потребления и повышенного спроса, определяющих экономическое положение соответствующей отрасли и страны в целом.
5. Разработка качественно новых технологических процессов, опирающихся на инновационные принципы.

6. Внедрение высокопроизводительного и высокоточного оборудования, создание новых производств.

7. Изготовление наукоемкой продукции, соответствующей лучшим мировым образцам и пользующейся повышенным спросом на мировом рынке.

Перечисленные цели инновационного развития российской экономики тесно связано с необходимостью разработки новых технологий. Новые технологии возникают и оказываются востребованными в периоды, когда появление новых идей и знаний требует их материального или иного воплощения. Создание революционных технических преобразований – единственный путь для развития экономики в любой стране, но особенно это важно для России.

### **3. Инновационный потенциал Томской области**

#### ***3.1. Томская область: общие сведения, научно-образовательный комплекс, инфраструктура инновационной системы, инновационный бизнес [20,21].***

Томская область образована 13 августа 1944 года Указом Президиума Верховного Совета СССР. По своему статусу Томская область является субъектом Российской Федерации, входит в состав Сибирского федерального округа (СФО). Областной центр – город Томск, от которого расстояние до Москвы по железной дороге 3500 км.

В истории Томской области есть две выдающиеся вехи: 1950-е годы – в области создан первый в СССР ядерный центр мирового уровня – Сибирский химический комбинат (СХК). 1960-е годы – началась добыча нефти. создан Академический центр.

Экономика Томской области органично сочетает два стратегических конкурентных преимущества: сырьевые ресурсы и интеллект. Томской области среди регионов СФО занимает первое место по добыче нефти и газа.

В состав Томской области входят 4 городских округа (Томск, Стрежевой, Кедровый, Закрытое территориальное образование (ЗАТО) Северск), 16



муниципальных районов, 3 городских и 117 сельских поселений, 576 сельских населенных пунктов. 140 муниципальных образований с утвержденными границами территорий.

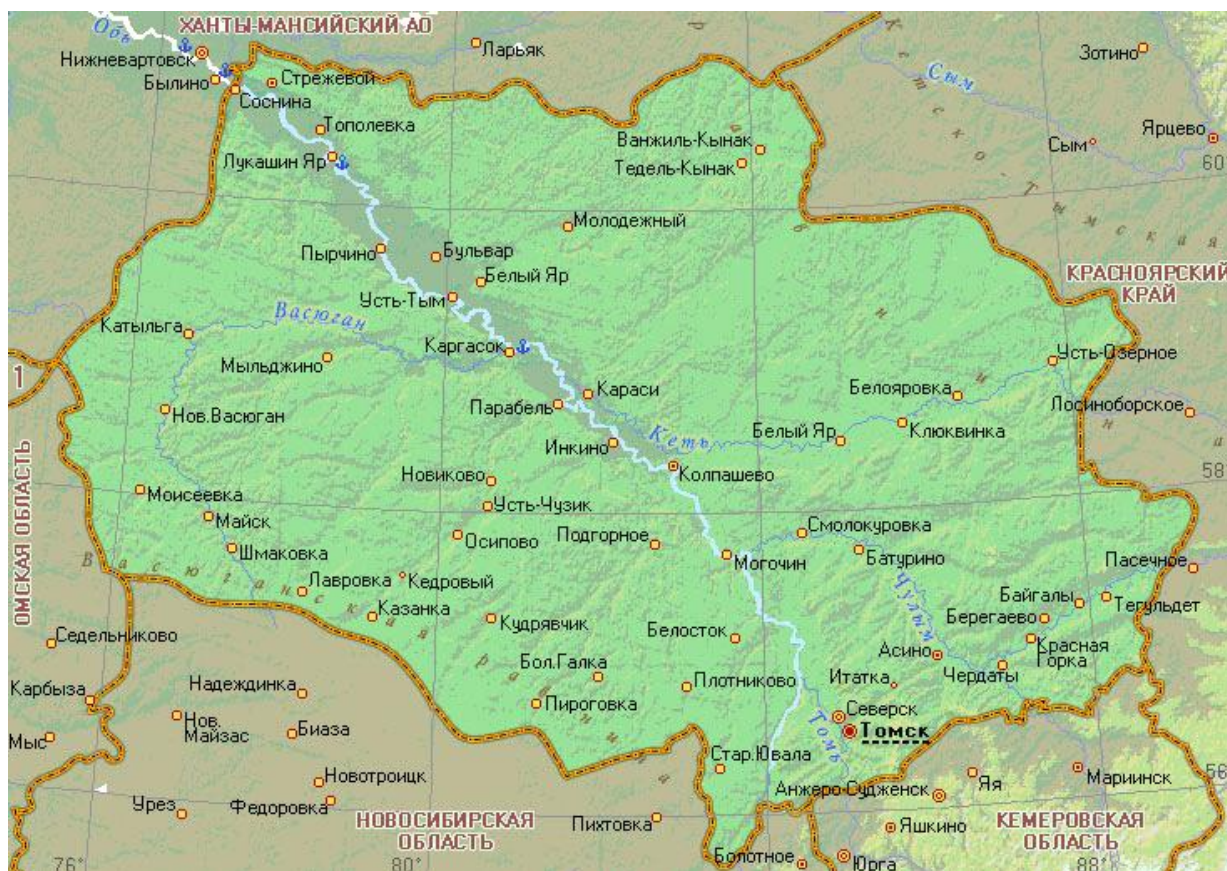


Рис.3.1. Физическая карта Томской области

**ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДА ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ.** Расположение: Сибирь, юго-восток Западно-Сибирской равнины. Сопредельные регионы: Красноярский край, Кемеровская, Омская, Новосибирская области, Ханты-Мансийский автономный округ. Площадь: 314,4 тысяч км.

Климат: средняя температура (на 1.01.2006 г.): июля – +19°C, января – –16°C.

Самая высокая точка: +274 метра от уровня моря. Самая низкая точка: +34 метра от уровня моря. Площадь болот: 91,573 тысяч кв. км (28,9% от всей территории), площадь Васюганского болота – 53 тысячи кв.км (самое крупное болото в мире).

Природные ресурсы: нефть, газ, лес, торф, каолин, тугоплавкие глины, стекольные пески, ильменит-цирконовые пески, железные руды, бокситы,

бурый уголь, цинк. Обнаружены проявления золота и платины, титана и циркония.

**НАСЕЛЕНИЕ.** Численность населения на 01.01.2007 г. – 1,034 млн. человек, из них около 66% – городское население. В Томской области проживает более 80 национальностей, в том числе малочисленные народы – селькупы, чулымцы, эвенки, ханты и кеты Плотность населения: 3 человека на 1 кв. км.

### ЭКОНОМИКА.

Таблица 3.1 Производство в Томской области в 2007 г.

Добыча нефти (с газовым конденсатом)	11 млн. тонн
Добыча газа	4,5 млрд. м3
Заготовка древесины	1,7 млн. м3
Производство синтетических смол и пластических масс	400 000 тонн
Производство электродвигателей	130 тыс. штук
Производство кабеля и проводов	25 тыс. км.
Приборы полупроводниковые	174 тыс. штук

Объем валового регионального продукта (ВРП) в 2006 г. – 186,5 млрд. рублей (первое место в СФО на душу населения). Экспорт в 2007 г. – 920 млн. долларов США. Импорт в 2007 г. – 130 млн. долларов США. Инвестиции в основной капитал в 2007 г. – 62 млрд. рублей.

**ТРАНСПОРТ.** Внутриобластные перевозки грузов осуществляются в основном речным и автомобильным транспортом. Протяженность внутренних судоходных путей по бассейну реки Оби – около 5 тысяч километров. Протяженность автомобильных дорог общего пользования с твердым покрытием – 6236 км. Густота путей сообщения составляет 19,7 км. путей на 1000 кв. км территории. Эксплуатационная длина железных дорог составляет 346 км., основная магистраль – Белый Яр–Томск–Тайга.

В Томской области создана и функционирует вся цепочка модели инновационного развития: *образование – научные исследования – инновационный продукт – рынок.* Инновационный сектор экономики в Томской области

на особом счету. Развитая фундаментальная наука стала основой инновационного бизнеса.

В Томске более 400 инновационных предприятий, а объем их продукции превысил 7 млрд. рублей. Томская область – лидер в РФ по инновационному потенциалу. Занимает 4-е место в рейтинге России с наибольшими предпосылками для инновационного развития, опережая по этому показателю Москву, Санкт-Петербург и Новосибирскую область. Инновационный потенциал составляет 22% в совокупном потенциале Томской области. Каждая шестая томская компания занимается инновациями.

**НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС.** Важное конкурентное преимущество Томской области – многопрофильный научно-образовательный комплекс, который обеспечивает разработку и внедрение современных технологий мирового уровня на предприятиях Томской области.

В Томске действуют **6 университетов**: Томский государственный университет (ТГУ), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР), Томский политехнический институт (ТПУ), Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), Томский государственный педагогический университет (ТГПУ), Сибирский государственный медицинский университет (СибГМУ). За выдающиеся заслуги в области образования и науки ТПУ и ТГУ получили статус «национального исследовательского университета».

ТГУ и ТПУ входят в пятерку лучших вузов страны. ВУЗы готовят специалистов по всем специальностям для высокотехнологичного бизнеса. Обеспечивают постоянный приток молодежи из Сибири, Дальнего Востока, Казахстана и Средней Азии. Всего в вузах обучается около 100 тысяч человек, каждый пятый житель города – студент.

В Томске действуют 5 ВУЗов : сельхозинститут (филиал Новосибирского госагроуниверситета), институт бизнеса, Томский экономико-

юридический институт (ТЭЮИ), Северский технологический институт Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ».

При вузах действуют Научно-исследовательские институты (НИИ):

при ТГУ: НИИ биологии и биофизики (НииББ), НИИ прикладной математики и механики (НииПММ), Сибирский физико-технический институт (СФТИ), Сибирский ботанический сад.

при ТПУ: «Киберцентр» , НИИ высоких напряжений, НИИ интроскопии, НИИ ядерной физики.

при ТУСУР – НИИ автоматики и электромеханики.

при ТГАСУ – НИИ строительных материалов

В вузах работают 20 элементов инновационной инфраструктуры: 7 офисов коммерциализации разработок, 5 бизнес-инкубаторов, 2 центра трансфера технологий и консалтинговые структуры поддержки инновационной деятельности в вузе. В офисах коммерциализации около 400 научных и образовательных разработок, из которых формируются 40-60 инновационных проектов, представляемых для финансирования на конкурсной основе. Заключено более 20 лицензионных соглашений и лицензионные отчисления вузам превысили миллион рублей.

Томская область среди российских регионов занимает четвертое место по удельному весу лиц, имеющих ученую степень доктора наук в общей численности преподавателей вузов, третье место (после Москвы и Санкт-Петербурга) по числу студентов на 10 тысяч человек населения, третье место по охвату молодежи в возрасте 17-25 лет программами высшего профессионального образования.

Научный комплекс Томской области состоит из 16 НИИ Томского научного центра СО РАН и Томского научного центра СО РАМН.

Томский научный центр СО РАН (<http://www.tsc.ru>) – 8 НИИ:

1. Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (ИМКЭС СО РАН).

2. Институт оптики атмосферы СО РАН (ИОА СО РАН).
3. Институт сильноточной электроники СО РАН (ИСЭ СО РАН).
4. Институт физики прочности и материаловедения СО-РАН(ИФПМСОРАН).
5. Институт химии нефти СО РАН (ИХН СО РАН).
6. Конструкторско-технологический центр (КТЦ) ТНЦ СО РАН.
7. Отдел структурной макрокинетики ТНЦ СО РАН (ОСМТНЦСОРАН).
8. Томский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН (ТФ ИГНГ СО РАН).

Сибирское отделение российской академии медицинских наук– 8 НИИ  
(<http://soramn.ru>)

1. НИИ акушерства, гинекологии и перинатологии ТНЦ СО РАМН (<http://www.perinat.tomsk.ru/>).
2. НИИ кардиологии ТНЦ СО РАМН (<http://www.cardio.tsu.ru>)
3. НИИ медицинской генетики ТНЦ СО РАМН (<http://www.medgenetics.ru>)
4. НИИ онкологии ТНЦ СО РАМН (<http://www.oncology.tomsk.ru>)
5. НИИ психического здоровья ТНЦ СО РАМН (<http://tomskinstitut.mental-health.ru>)
6. НИИ фармакологии ТНЦ СО РАМН (<http://www.pharmso.ru>)
7. Проблемная научно-исследовательская лаборатория ТНЦ СО РАМН «Радиационная медицина и радиобиология» (ПНИЛ РМРБТНЦ СО РАМН) (<http://www.sbrc.ru>)
8. НИИ курортологии и физиотерапии Министерства здравоохранения РФ (<http://niikf.tomsk.ru>)

Томская область занимает 14-е место в России по численности персонала, занятого исследованиями и разработками в абсолютных значениях (8357 чел.), и 1-е место – на душу населения. При этом численность исследователей в Томской области по сравнению с 1995 годом выросла почти на 700 человек, в то время как в целом по России она существенно снизилась.

ИННОВАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА. Администрация Томской области проводит последовательную политику по формированию инфраструктуры поддержки инновационной деятельности.

Инфраструктура инновационной системы:

1) Областные законы и нормативно-правовые акты,  
- долгосрочная стратегия развития Томской области до 2020 года,  
- закон «Об инновационной деятельности в Томской области»,  
- закон «Об утверждении областной целевой программы «Развитие инновационной деятельности в Томской области на 2011 - 2014 годы».

- концепция создания в Томской области центра образования, исследований и разработок "ИНО Томск-2020".

2) Областные конкурсы, целевые программы и другие механизмы финансирования инновационных предприятий на всех этапах инновационной цепочки.

- Система подготовки и повышения квалификации кадров для инновационного бизнеса.
- Офисы коммерциализации в вузах, помогающие оформить идею в понятном для инвесторов виде.
- Первый в РФ межвузовский студенческий бизнес-инкубатор, на площадях которого сформированы команды студентов, работающие над бизнес-проектами.
- Производственный бизнес-инкубатор — 1 400 м<sup>2</sup>.
- Информационно-выставочный центр «Технопарк», обеспечивающий продвижение инновационной продукции (<http://www.t-park.ru>)
- Кредитные кооперативы, обеспечивающие внедрение инноваций в муниципальных образованиях области.

В Томской области создан «Региональный венчурный фонд инвестиций в малые предприятия в научно-технической сфере Томской области», активами которого управляет «Управляющая компания «Мономах» (г. Москва). 6 бизнес-инкубаторов и 4 центра трансфера технологий:

- Архитектурно-строительный бизнес-инкубатор ТГАСУ (АСБИ) (<http://tsuab.ru>)
- Инкубатор инновационных технологий «АККОРД» (<http://www.akkord.info>)
- Инновационно-технологический бизнес-инкубатор ТГУ (ИТБИ ТГУ) (<http://www.incubator.tsu.ru>)
- Конструкторско-технологический бизнес-инкубатор ТПУ (<http://www.itechinvest.ru/ktbi>)
- Межвузовский студенческий бизнес-инкубатор «Дружба» (МСБИ) (<http://www.sbi.tusur.ru>)
- Студенческий бизнес-инкубатор ТПУ (<http://www.sbi.irba.ru>)
- Томский региональный центр трансфера технологий (<http://www.tctt.ru>)
- Центр трансфера технологий ИТЦ ТПУ (<http://www.itc.tpu.ru>)
- Центр трансфера технологий при ТУСУР (<http://ctt.tusur.ru>)
- Центр трансфера технологий СО РАН (<http://ctt.sbras.ru>)

Содействием инновационной деятельности предприятий Томской области занимаются около 10 фондов и центров, в том числе:

- Международный центр организации обучения в области высоких технологий Ассоциации инженерного образования России.
- Некоммерческая организация Фонд «Агентство развития Томской области» (<http://arto.ru>)
- Томский центр научно-технической информации (<http://www.cnti.tomsk.su>)
- Томский центр содействия инновациям (<http://www.tisc.tomsk.ru>)
- Фонд содействия науке и образованию – Томский региональный инкубатор технологий (<http://www.trit.tomsk.ru>)
- «Томское агентство привлечения инвестиций» (<http://www.investintomsk.com>)

**ИННОВАЦИОННЫЙ БИЗНЕС.** В Томске работает более двухсот успешных инновационных предприятий, учрежденных в начале 90-х годов прошлого века и использующих результаты интеллектуального труда. На ря-

де таких предприятий объемы продаж достигли десятки миллионов долларов при выработке на одного сотрудника до 1 миллиона рублей в год. Обороты инновационных предприятий сопоставимы с оборотами предприятий традиционного машиностроения. В целом инновационный сектор Томской области обеспечивает ежегодный рост объема произведенной продукции более 30% в год.

С точки зрения технологического потенциала региона, наиболее перспективными областями развития инновационного и наукоемкого бизнеса являются:

1. информационные технологии;
2. биомедицина;
3. химические технологии;
4. новые материалы и покрытия.

Наиболее успешные предприятия инновационной сферы:

- «АртЛайф», ООО. Производство лечебно-профилактических препаратов, пищевых БАД, обогащенных продуктов питания, парфюмерно-косметической продукции (<http://www.artlife.tomsknet.ru>)
- Завод композиционных материалов и пластмасс, ЗАО : Композиты на основе: 1) полипропилена - для автомобильной промышленности - материал филлен, 2) полиэтилена -для кабельной промышленности, 3) концентраты красителей на основе полиэтилена, полипропилена и полиамида, 4) полистирол общего назначения (<http://tillen.tom.ru>).
- Центр ортопедии и медицинского материаловедения (медицинские изделия для травматологии и ортопедии).
- Медико-экологический центр «Дюны», ЗАО: наукоемкая медтехника индивидуального применения (<http://www.dunv.ru>)



- НПО «НИКОР», ЗАО: приборы для медицины (электроскальпель-коагулятор высокочастотный ЭХВЧ-400 СК «НИОКР»), источники бесперебойного питания, устройства для обработки информации (диспетчерский многоканальный регистратор «МИРРОР» для документирования речевой информации с одновременной записью до 32-х каналов связи и сроком хранения информации от 6 суток до 1 года ([www.nikor.tomsk.ru](http://www.nikor.tomsk.ru)))
- «ЭлеСи», ЗАО: автоматика (контроллеры, системы станционной автоматики и телемеханики), программные средства, пусконаладочные работы (<http://www.elesy.ru>)
- Медико-промышленная компания «Электропульс». медицинские изделия, включая ПО, медицинская техника.  
<http://www.electropul5e.ru>
- «Сибирский торф», ОАО: разработка удобрений из торфа: грунт, удобрения, стимуляторы роста (<http://sibtorf.firmsite.ru>).
- «Сибэлектромотор», ОАО: электродвигатели: трехфазный асинхронный крановый, трехфазный асинхронный рольганговый, трехфазный и однофазный асинхронный широкого применения (<http://www.sibelektromotor.ru>).
- «Биолит», ООО: лечебно-профилактические препараты, пищевые биологически активные добавки (БАД) и средства наружного применения специального назначения (<http://biolit.tomsk.ru>)
- Научно-производственная фирма НПФ «Микран», ООО: узлы и модули СВЧ диапазона для систем телекоммуникаций, радиолокации, приборостроения и спецтехники; радиорелейная аппаратура для местных и магистральных линий связи, системы передачи данных; радиоизмерительные приборы; разработка монолитных интегральных арсенид-галлиевых (GaAs) функциональных элементов сантиметрового и миллиметрового диапазона волн (<http://www.micran.ru>).
- Научно-производственное предприятие «Томская электронная компания» ООО: программируемые устройства электроавтоматики, приборы контроля, регулирования и управления, средства автоматизации (<http://www.npptec.ru>).

- Томская горнодобывающая компания, ООО: добыча полезных ископаемых, инновационные технологии разработки месторождения и переработки сырья (<http://www.tomqdk.narod.ru>)
- «Эрмис плюс», ООО: кабельное приборостроение (измерители диаметра кабеля, высоковольтные испытатели изоляции, измерители длины кабеля, поверочный стенд для измерителей длины кабеля, устройство маркировки кабеля) (<http://www.ermis.tomsk.ru>).
- Компания СИАМ, ЗАО: скважинные уровнемеры и динамографы, мобильный диагностический комплекс, автономные приборы комплексного контроля, программное обеспечение, приборы визуализации и документирования (микропринтер dpt-4133, блок визуального контроля), средства испытаний и проверки исследованного оборудования. (<http://www.siam.tomsk.ru>)
- «Элекард Лтд», ООО: аппаратно-программные средства обработки видео и звука, новые компьютерные медицинские технологии (<http://www.elecard.com>)

В 2002 году Томская область первой в России разработала региональную стратегию инновационного развития. В 2006 разработано и утверждено в Минобрнауки РФ и РАН продолжение межведомственной программы «Разработка и реализация модели территории инновационного развития на примере Томской области» на 2006-2008 годы. Эта работа продолжалась и далее, вплоть до принятия закона «Об утверждении областной целевой программы «Развитие инновационной деятельности в Томской области на 2011 - 2014 годы» в настоящее время.

КОНЦЕПЦИЯ «ИНО ТОМСК-2020» [23]. В 2011 году Правительство России утвердило концепцию создания в Томской области центра образования, исследований и разработок «ИНО Томск-2020». На реализацию проекта в 2011-2013 годах планируется затратить почти 40 млрд. руб., из них более 16 млрд. – средства федерального бюджета, около 5,5 млрд. руб. – средства бюджета областного, остальное – деньги из внебюджетных источников.

Центр образования, исследований и разработок – это современный комплекс с уникальной предпринимательской средой взаимодействия институтов инновационной направленности, обеспечивающий прорыв по приоритетным направлениям модернизации экономики России. В итоге реализации – достижение инновационного прорыва по 7 направлениям:

1. Непрерывная и многоуровневая модель образования.
2. Энергосберегающие технологии и технические средства для энергоемких отраслей экономики.
3. Нанoeлектроника и интеллектуальная силовая электроника.
4. Нанотехнологии, создание перспективных материалов и развитие пучковых, плазменных и электроразрядных технологий.
5. Медицина высоких технологий, медицинские биотехнологии и фармтехнологии.
6. Рациональное природопользование и глубокая переработка природных ресурсов.
7. Ядерные технологии.

Проект создания «ИНО Томска» включает 2 этапа. Первый, до 2015 года, предполагает развитие научно-образовательного парка, университетского кампуса, инновационной инфраструктуры, сопутствующей транспортной и социальной инфраструктуры, укрепление среды взаимодействия институтов инновационной направленности, привлечение в Томскую область крупных компаний, развитие потенциала научно-образовательного комплекса, непрерывное и многоуровневое образование, инновационное предпринимательство. На 2-м этапе (2016-2020 годы) ожидается достижение инновационного и технологического лидерства по приоритетным направлениям модернизации экономики России. Процитируем первого заместителя губернатора Томской области О.Козловскую: «Концепция поддержана правительством прежде всего для того, чтобы на примере опыта Томской области сформировать модель, которая потом может тиражироваться в регионах, обладающих необходимым инновационным потенциалом. Такой документ принят в России впервые».

Первоочередные проекты концепции «ИНО Томск-2020» (на 2011-2013 годы) и суммы инвестиций в них:

1. развитие научно-образовательного парка в Томске – 14 043,3 млн. руб.;
2. обеспечение инновационного и технологического лидерства посредством опережающей коммерциализации научно-технических разработок и инновационных решений – 10 181 млн руб.;
3. формирование интегрированного комплекса исследовательских университетов – 2 895 млн руб.;
4. создание университетского кампуса в Томске – 967,3 млн. руб.;
5. строительство новых общежитий и учебных корпусов университетов – 1 284,4 млн. руб.;
6. госпитальные клиники – 89 млн руб.;
7. развитие инновационной инфраструктуры в Томской области – 13 802,5 млн. руб.;
8. строительство объектов инновационной, социальной, инженерной и транспортной инфраструктуры на территории ОЭЗ - 13 502,5 млн руб.;
9. реконструкция и строительство дорог и улиц - 7 760 млн руб.;
10. строительство центров, корпусов и инфраструктуры в ОЭЗ – 117 920 млн руб.;
11. развитие инфраструктуры научно-образовательного парка в Томске – 600 млн руб.;
12. развитие инновационной среды и необходимой инфраструктуры (включая достройку жилищного комплекса для инноваторов – 9-го микрорайона Солнечной Долины, строительство жилья и объектов бытовой инфраструктуры, внутриквартальных дорог и сетей, социально-бытовых объектов, водного спортивного комплекса в Солнечной Долине, обустройство лесопарков, модернизацию аэропорта, развитие железнодорожной инфраструктуры) – 11 908,8 млн. руб.

### **3.2. Особая экономическая зона (ОЭЗ) технико-внедренческого типа в городе Томске.**

Инновационный потенциал Томской области позволил в 2005 году одержать победу в федеральном конкурсе на право создания у себя на территории Особой экономической зоны технико-внедренческого типа. ОЭЗ – территория максимально благоприятных условий, создаваемых государством, для развития наукоемких отраслей экономики. В 2005 г. в результате федерального конкурса по отбору заявок на создание ОЭЗ технико-внедренческого типа из 29 участников признаны победителями четыре региона — г. Санкт-Петербург, Москва (г. Зеленоград), Московская область (г. Дубна), Томская область (г. Томск).

ОЭЗ Томска создана Постановлением Правительства РФ в конце 2005 г. и начала функционировать первой в РФ в апреле 2006 г. На открытии ОЭЗ г. Томска присутствовал Президент РФ В.В. Путин. ОЭЗ г. Томска расположена в границах Томска на двух участках территории общей площадью 197 га.

Южный участок (площадь 192,3 га) – на территории томского Академгородка.

Северный участок (площадь 4,7 га) – на территории, прилегающей к ООО «Томскнефтехим».

Приоритетные направления на территории ОЭЗ г. Томска:

1. нанотехнологии и новые материалы;
2. биотехнологии и медицина;
3. информационно-коммуникационные технологии и электроника.

Управление ОЭЗ осуществляет Федеральное агентство по управлению особыми экономическими зонами (РосОЭЗ) в лице Территориального управления по Томской области (<http://www.rosuez.ru>)

При Губернаторе ТО постоянно действует Совет по созданию ОЭЗ. Объем госинвестиций ОЭЗ до 2010 года оценивается в 30 млрд. рублей. Планируется, что к концу 2011 года годовой оборот резидентов составит около 13 млрд. рублей. Больше трети из них должно приходиться на долю IT-сектора.

На момент регистрации ОЭЗ на участие в качестве резидентов зоны подали заявку 86 крупных российских и зарубежных компаний.

РЕЗИДЕНТЫ (на 01.03.2008 г.):

1. НИОСТ, ООО. Проект: «Создание технологической базы промышленного производства современных высокоэффективных катализаторов и новых полимерных материалов».

2. «ЭлеТим», ООО. Проект: «Разработка интеллектуальных систем управления электроприводами и комплексов силовой преобразовательной техники».

3. «Микран», ООО. Проект: «Создание и внедрение в опытное производство полного комплекта оборудования широкополосных высокоскоростных радиомостов «MIGGigE» стандарта Ethernet».

4. «Субмикронные технологии», ООО. Проект: «Создание технологических основ получения и промышленного производства элементной базы СВЧ-диапазона на основе GaAs-технологии для систем телекоммуникаций, приборостроения и радиолокации».

5. «Элекард Девайсез», ЗАО. Проект: «Разработка и макетное (экспериментальное) производство программно-аппаратных средств организации (поддержки) цифрового телевидения».

6. «МедЛайн», ООО. Проект: «Организация производства опытных партий приборов для лечения мочекаменной болезни – электроимпульсных литоэкстрактотрипторов «Уролит».

7. «Антарес Т», ООО. Проект: «Разработка технологии подготовки и повышения сортности нефти, с использованием структурированных электромагнитных полей».

8. НПЦ «Стрела», ООО. Проект: «Системы сбора и передачи данных для труднодоступных подвижных объектов».

9. «Электропульс», ООО. Проект: «Разработка и внедрение в медицинскую практику передовых технологий и оборудования в области электрофизиологии, электрохирургии, клеточной терапии».

10.«Контек-Софт», ООО. Проект: «Комплексные инновационные программно-технические решения в сфере управления бизнесом».

11.«ФлексСофт», ООО. Проект: «Разработка программно-аппаратного комплекса с последующей реализацией сервиса «Мобильный офис».

12.«Фотон Проект», ООО. Проект: «Разработка и изготовление малогабаритных источников рентгеновского излучения и дефектоскопических комплексов на их основе».

13.«Прикладная Электроника», ООО. Проект: «Расширение номенклатуры и рынка сбыта источников электропитания для электронно-ионно-плазменных нанотехнологий».

14.«Аквазон», ООО. Проект: «Организация выпуска опытных партий композиционного сорбционного материала и устройств на его основе для очистки водных сред от микробиологических загрязнений».

Преимущества ведения предпринимательской деятельности компаниями-резидентами на территории ОЭЗ г. Томска:

- создание современных инженерной, социальной, транспортной, инновационной и иной инфраструктур для обустройства и материально-технического обеспечения ОЭЗ и прилегающей территории;
- предоставление налоговых льгот резидентам ОЭЗ;
- режим свободной таможенной зоны;
- снижение административных барьеров путем реализации принципа «одно окно»;
- льготные ставки по аренде земельных участков и офисных помещений;
- государственная поддержка проектов резидентов.

## 4. Промышленные технологии. Основные понятия

### 4.1. Историческое введение.

Термин «технология» (от греческого *téchne* – искусство, мастерство, умение и *logos* – учение) впервые был придуман и введен в научный обиход немецким ученым Иоганном Беккманом. Годы жизни Беккманна 1739–1811. Образование Беккманн получил в Геттингенском университете, который закончил в 1762 году, изучив курсы физики, математики, естествознания, а также теологии, государственных финансов и управления.

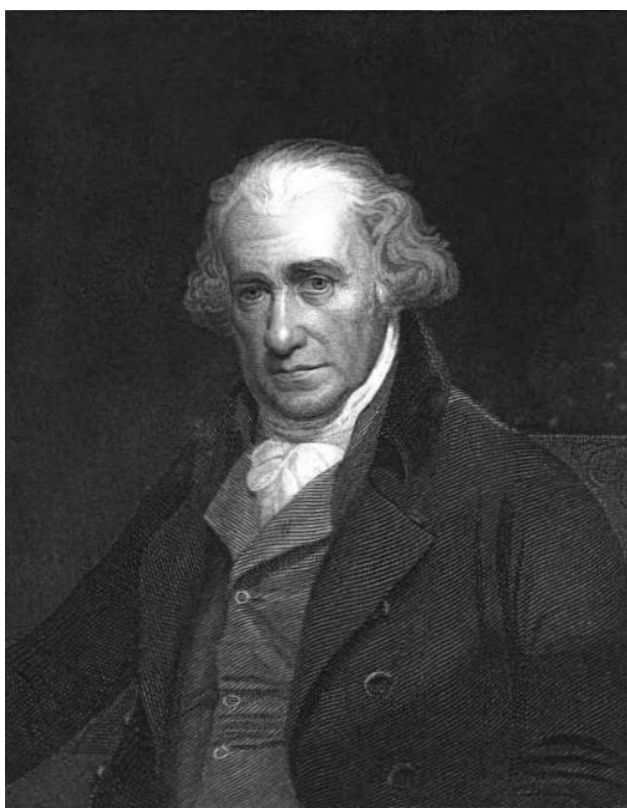


Рис. 4.1. Портрет Иоганна Бекманна.

Отец Иоганна Беккманна состоял в должности сборщика податей и почтмейстера в немецком городке Хойа и, кроме того, владея небольшим участком земли, занимался земледелием. Беккманн еще в детстве чувствовал влечение к сельскому хозяйству; тем не менее, поступив в 1759 году в Геттингенский университет, изучал богословие, с целью сделаться проповедником. Природные склонности, однако, взяли верх, и, оставив богословие, Беккманн занялся естественными науками.

В 1762 году умерла мать Иоганна Беккманна и он остался без поддержки. В 1763 году, по предложению известного географа Бюшинга, бывшего в то время пастором лютеранской Петропавловской церкви в Петербурге и директором Петропавловского училища, Беккманн занял место профессора физики и естественной истории в этом училище. Но в 1765 году, отказавшись от места, Беккманн отправился в Швецию, для осмотра рудников и горнопромышленных работ. В Упсале он познакомился с шведским ес-



тествоиспытателем и врачом Карлом Линнеем. В 1766 году, по рекомендации Бюшинга, Беккманн был избран профессором физики в Геттингене. Занимая профессорскую кафедру в течение 45 лет, он неустанно трудился на поприще науки, в особенности над применением естественных наук к сельскому хозяйству и ремеслам.

Лекции его привлекали множество слушателей. В учебном процессе Беккманн старался давать студентам не только теорию, но показывать на практике, как осуществляется тот или иной производственный процесс, для чего студенты посещали занятия в ремесленных мастерских. Рассказывая о ремеслах, производственных процессах, Беккманн, чтобы заинтересовать студентов, рассказывал об истории и устоявшемся положении в изучаемых направлениях науки и производства.

В 1772 году Беккманн ввел «технологию» в качестве научной дисциплины, читавшейся им в Геттингенском университете. В 1777 году И. Беккманном была опубликована работа «Введение в технологию», в которой он определял технологию в качестве науки, объясняющей в целом, методически и определенно, все виды труда с их последствиями и причинами.

Иоганн Беккманн известен своими сочинениями по сельскому хозяйству, технологии, торговле, товароведению, пользовавшихся в свое время заслуженным успехом. Его сочинение «Beiträge zur Geschichte der Erfindungen» (5 томов, Лейпциг, 1780-1805) ценно еще и теперь.

Он был членом многих ученых обществ: Королевского Общества Гёттингена, научных обществ Санкт-Петербурга, Стокгольма, Амстердама, Целле, Галле, Мюнхена, Эрфурта. Из его сочинений наиболее известны:

Grundsätze der deutschen Landwirthschaft	Принципы немецкого сельского хозяйства
Physikal-ökonom. Bibliothek	Физико-экономическая библиотека
Anleitung zur Technologie	Введение в технологию
Beiträge zur Geschichte der Erfindungen	Вопросы истории изобретений
Anleitung zur Handlungswissenschaft	Введение в коммерцию

## **4.2. Понятие и признаки технологии, классификация технологий и отдельные виды современных технологий**

Множество существующих способов преобразования вещества, энергии и информации порождает и множество технологий. На ранних этапах научно-технического прогресса технологии рассматривали, как правило, в связи с конкретной отраслью производства (технология строительства, технология машиностроения, технология горных работ и т.п.), либо в связи с применяемым способом получения или обработки определенных материалов (технология металлов, технология пластмасс, технология тканей и т.п.).

Современные технологии ориентированы на получение более широкого спектра продукции, которую обычно именуют наукоемкой. В этой связи появился даже специальный термин «высокие технологии» (от англ. high technology, hi-tech). К последним, как правило, относят технологии, используемые в микроэлектронике, вычислительной технике, робототехнике, атомной энергетике, самолетостроении, космической технике, микробиологии. Под влиянием научно-технического прогресса происходит не только совершенствование уже известных технологий, но и появление новых их разновидностей, причем в больших количествах.

Обилие разнообразных технологий порождает естественный вопрос о том, возможна ли их классификация. Такая классификация оказывается возможной, и существует множество ее вариантов, как общих, так и частных. Наиболее известными из существующих общих классификаций технологий являются классификация технологий по Джоан Вудворд и классификация технологий по Джеймсу Томпсону [24].

Классификация по Вудворд включает три категории:

- 1) единичное, мелкосерийное или индивидуальное производство, где одновременно изготавливается только одно или малая серия одинаковых изделий;

2) массовое или крупносерийное производство, применяемое при изготовлении большого количества изделий, которые идентичны друг другу или очень похожи. Такой тип производства характеризуется механизацией, использованием стандартных деталей и конвейерным способом сборки;

3) непрерывное производство с использованием автоматизированного оборудования, работающего круглосуточно и производящего одинаковый по параметрам продукт в больших объемах.

Классификация технологий по Томпсону включает тоже три их категории:

1) многозвенные технологии, характеризующиеся серией взаимозависимых задач, выполняемых последовательно, например, сборка автомобиля;

2) посреднические технологии, состоящие из соединения групп людей, таких, например, как клиенты или покупатели, которые являются или хотят быть взаимозависимыми (банковские технологии и технологии, используемые телефонными компаниями);

3) интенсивные технологии характеризуются применением специальных приемов, навыков или услуг, для того, чтобы произвести определенные изменения в конкретном материале, например, монтаж фильма

В качестве примера частных классификаций можно привести классификацию инновационных технологий, под которыми понимают наборы методов и средств, поддерживающих этапы реализации нововведения. По данным, приводимым в некоторых источниках, различают следующие виды инновационных технологий:

1. внедрение;
2. тренинг;
3. консалтинг;
4. трансферт;
5. аудит;
6. инжиниринг

К наиболее новым и прогрессивным технологиям относятся отдельные виды современных технологий: информационные технологии, биотехнологии и нанотехнологии. Их появление, как, впрочем, и появление любых иных разновидностей технологий, обусловлено научно-техническим прогрессом как общеисторической закономерностью.

Информационные технологии являются продуктом развития основных высокотехнологических областей, а именно: микроэлектроники, компьютерной техники и телекоммуникации. Указанные области тесно взаимосвязаны, и успехи в каждой из них определяют динамику информационных технологий<sup>1</sup>. Последние развиваются по присущим им закономерностям в рамках информационно-технологической парадигмы с учетом того, что информация является интегральной частью любой человеческой деятельности.

Четкие термины в определении наукоемких технологий еще не устоялись, не стандартизованы методики определения показателя наукоемкости.

В начале 20 века Генри Адамс (США), историк и писатель, интуитивно сформулировал положение о нелинейном прогрессе науки, то есть, что развитие науки и техники описывается во времени показательной функцией  $f(t)=a^t$ . Постепенно стали накапливаться доказательства – за 30-е и особенно за послевоенные годы многие исследователи фиксировали экспоненциальный рост  $f(t)=e^t$  количественных показателей науки, а экспонента – частный случай показательной функции. В целом в мире число научных работников или число научных журналов или объем публикаций по большинству естественно-научных дисциплин удваивается каждые 15 лет. Однако картина информационного взрыва по количественным показателям перестает быть пугающей при учете качественных сторон, таких как крупные научные открытия. При экспоненциальном росте рутинной научной продукции крупные, веховые, открытия растут всего лишь по линейному закону. Косвенным, но очевидным доказательством этого является ежегодное постоянство числа нобелевских премий и других престижных наград.

Этот феномен имеет фундаментальное объяснение, так как полностью согласуется с законом Руссо из его выдающегося «Общественного договора» [25]: во всякой совокупности однотипных  $n$  явлений существует элитарная часть явлений  $N$ , численность которой равна корню квадратному от общей численности явлений:  $N = \sqrt{n}$ .

Закон Руссо с хорошей точностью наблюдается на разных примерах: в соотношении общего числа вузов страны и их элитарной группы, общей численности специалистов и числа «звезд» в ней, в соотношении крупных городов и общего числа населенных пунктов и т.п.

Итак, при экспоненциальном наращивании ресурсов  $R$ , вкладываемых в развитие научно-технической сферы результат, если его измерять числом первоклассных открытий и изобретений  $F$ , меняется линейно. Это позволило Решеру [26] определить «производственную функцию» науки в следующем виде:

$$\text{если } R(t) = t \cdot \log e = bt \Rightarrow \frac{1}{b} \log R(t) = t \frac{1}{a} F(t) = t \quad R(t) = e^t \quad \text{то } F(t) = at.$$

или

$$\text{тогда } \frac{1}{b} \log R(t) = \frac{1}{a} F(t) \text{ или } \frac{a}{b} \log R(t) = F(t) \text{ и в конечном виде}$$

$$F(t) = K \log R(t),$$

где  $F(t)$  – мера суммарного числа первоклассных результатов:  $R(t)$  – суммарный объем ресурсов;  $K$  – постоянный коэффициент, величина которого зависит от конкретного содержания переменной  $R$ .

Решер назвал полученное им соотношение «законом логарифмической отдачи» (The law of logarithmic returns). Он считает, что закон: 1) отражает перманентную и общую ситуацию в научном производстве; 2) может использоваться для оценки этой ситуации не только в пределах экспоненциального роста научных усилий, но и вне этих пределов. Закон показывает, что экспоненциальное увеличение научных усилий (людских и материальных ресурсов) - вынужденное следствие стремления поддержать на постоянном уровне темп научного прогресса [26]. А иначе замедлится и прекратится научно-технический прогресс (НТП).

Согласно закону Решера чтобы темп появления открытий и изобретений не замедлялся, нужно наращивать объем вовлекаемых в науку и технику ресурсов по экспоненциальному закону. Долгое время это никто не может позволить. Например, если бы темпы роста бюджета на науку сохранялись, то через 70 лет весь доход страны надо было бы тратить на исследования и разработки. Или, когда в США появились телефонные сети быстро было подсчитано, что при данных темпах телефонизации через 15 лет все молодые женщины Америки должны были бы стать телефонистками.

Возникает ситуация мнимого кризиса, противоречия, отраженные в законе логарифмической отдачи. Ограниченность экспоненциального наращивания ресурсов на науку и технику объективна и неизбежна. Пути выхода из кризиса есть:

1) НТП может сам себя кормить, ведь он обеспечивает рост ВВП – валового национального продукта и, значит, рост, выделяемых на науку средств.

2) в перспективе возможны открытия, принципиально влияющие на всю материальную сферу и на существующие закономерности НТП.

Ну, например, ситуацию с телефонистками в Америке решило изобретение автоматических коммутаторов, которые с успехом заменили телефонисток.

## **5. Промышленные технологии в машиностроении**

### **5.1. Технологии механической обработки в промышленности**

Механическая обработка металлов стала обязательной во многих областях промышленности. В металл «вгрызаются» разнообразные режущие инструменты, которые постоянно совершенствуются. Ниже рассмотрены базовые виды металлообработки.

- 1) Обработка изделий на станках автоматах
- 2) Заточные работы-точение
- 3) Строгальные работы

- 4) Волочение металла
- 5) Вырубка металла
- 6) Гибка металла
- 7) Наплавка металла
- 8) Плазменная резка металла
- 9) Сверлильные работы
- 10) Токарные работы
- 11) Фрезерные работы
- 12) Шлифовка металла

Точение, токарная обработка, одна из основных операций обработки резанием, выполняемая на металлорежущих станках и деревообрабатывающих станках токарной группы, обычно при вращательном движении изделия и поступательном движении резца. Точение — одна из самых древних технических операций, которая была автоматизирована с помощью токарного станка.

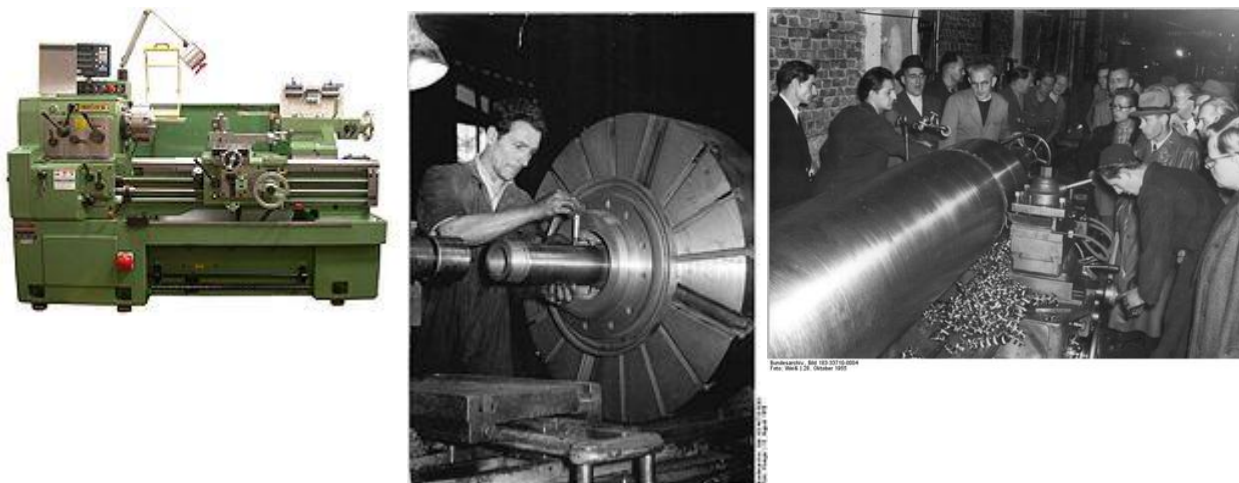


Рис. 4.2 Токарный станок и примеры токарной обработки (точения)

В токарном станке вращающееся устройство, зажимающее обрабатываемую деталь, называется шпинделем. Различают *главное движение резания* — это вращательное движение детали, и *движение подачи* — поступательное движение резца — режущего инструмента. Вспомогательные движения, это те, которые непосредственно к процессу резания отношения не имеют. Их

роль – обеспечивать транспортировку и закрепление детали на станке, включение станка и изменение скорости вращения заготовки или скорости *движения подачи*.

Различают следующие виды точения:

1. Обработка наружных поверхностей – обтачивание .
2. Обработка внутренних поверхностей – растачивание.
3. Обработка плоских торцевых поверхностей – подрезание.
4. Разделение заготовки на отдельные части или отделение готовой детали от заготовки – резка.

Фрезерование. Фреза – зубчатое колесо, каждый зубок которого является резцом. Фреза вращается и отрезает кусочки металла от материала, который под ней передвигается.

Сверление. Используются сверлильные станки – расточные или самые распространенные вертикально-сверлильные. Они бывают настольными, настенными и на колонне. Шпиндель – вращающееся устройство в котором закреплено сверло. Бывают многошпиндельные и одношпиндельные станки. Последовательно перемещая деталь, на многошпиндельном станке можно выполнить целый ряд операций механообработки (сверление, зенкерование, развертывание и т. д.) или одновременно обработать несколько отверстий в одной детали. Но и любой одношпиндельный станок можно приспособить для одновременного сверления нескольких отверстий. Сверление, зенкерование и развертывание отверстий применяются последовательно для получения более высокой точности размера отверстия и качества его поверхности. Сверлами обрабатываются отверстия в сплошном материале для получения отверстия невысокой точности. Более точные отверстия после сверления обрабатываются зенкерами и развертками

Точность отверстий обеспечивается повышенной жесткостью и лучшим центрированием инструмента (благодаря наличию большего числа режущих лезвий) и более легкими условиями работы инструмента.



Шлифование. Шлифовальный круг из карборунда или карбида кремния, который приводится во вращение с помощью электропривода, это основная часть шлифовального станка. Обладая высокой абразивностью, шлифовальный круг снимает слой металла за счет трения.

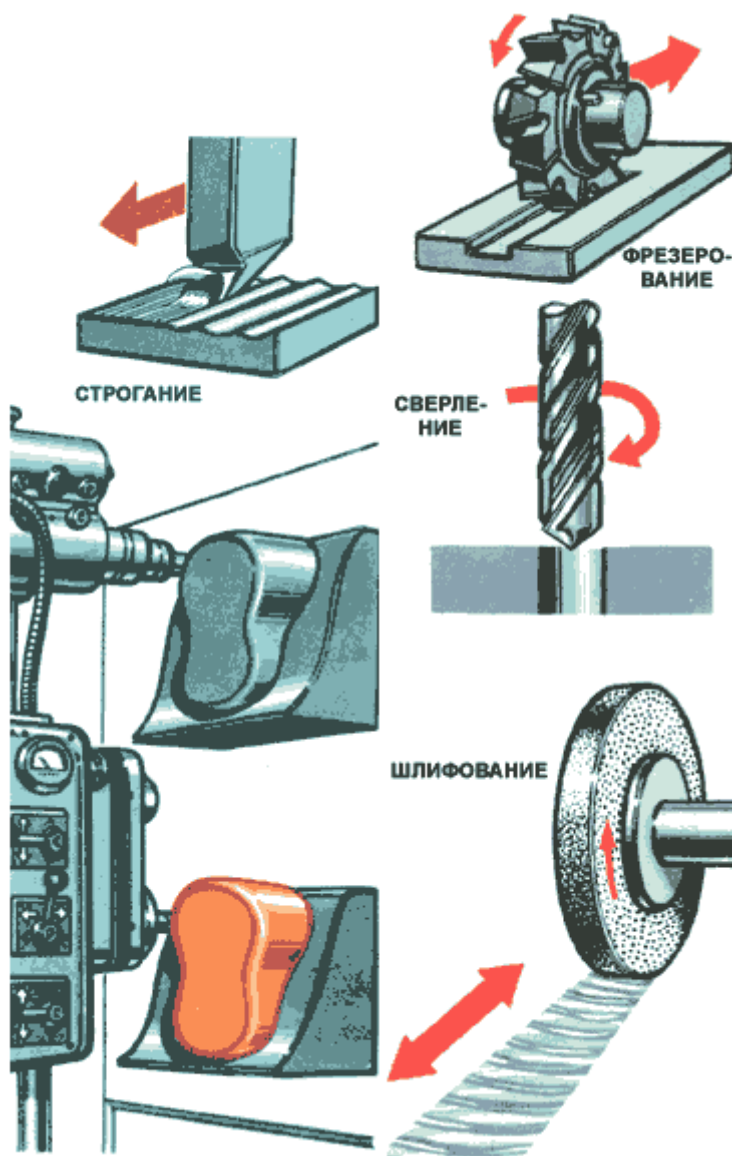


Рис.4.3. Примеры механообработки: строгание, фрезерование, сверление, шлифование.

Строгание. – процесс обрабатывания материалов резанием, сопровождается снятием стружки при относительном возвратно-поступательном движении инструмента (строгального резца, ножа и т.п.) или заготовки. Применяется для обработки ровных поверхностей на строгальных станках.



Рис.4.4. Современное оборудование для механической обработки с числовым программным управлением.

Заготовка крепится к движущемуся столу и вместе с ним движется вперед-назад, при этом в нее «вгрызается» прочный резец.

Современное оборудование механообработки обладает высокой скоростью и точностью. Выполнение множества разноплановых операций за один установ снижает время обработки в разы, обеспечивая максимальное качество продукции, не требующей дополнительной слесарной обработки. Это позволяет выполнять заказы на крупные партии в очень короткие сроки.

На станках можно производить обработку цилиндрических, конических, фасонных и торцевых поверхностей, нарезку резцом наружной и внутренней резьбы, сверление и развертывание центральных отверстий.

## **5.2. Основные параметры обработки металлов резанием**

В отечественной литературе информация по проблеме обработки металлов резанием представлена подробно и на высоком уровне, например, в работах, охватывающих более чем 60-летний временной период [27 – 35]. Из материала этих книг можно почерпнуть основы, необходимые для представления о главных проблемах данного вида металлообработки.

**ТЕХНОЛОГИЯ РЕЗКИ МЕТАЛЛА.** Резание сопровождается сложной совокупностью деформаций – смятия, сдвига, среза, трением стружки и поверхности резания о поверхность резца, независимо от инструмента (резцом, фрезой, сверлом). Последовательность технологических действий следующая:

1. инструмент режущей кромкой внедряется в массу заготовки;
2. передней поверхностью давит на верхний слой и отрывает его.
3. срезаемый слой деформируется, происходит сдвиг частиц и образуется элемент стружки.

Из-за большого давления и высоких температур в зоне резания образуются наросты из деформированных частиц металла, временно застывающих на передней поверхности резца. Постепенно нарост увеличивается за счет новых частиц, пока не сорвется и отойдет со стружкой. Наросты возни-

кают хаотично (до 200 раз в секунду), частота образования их зависит от пластичности и вязкости обрабатываемого металла, геометрии резца и скорости резания.

Деформация металла в разных зонах стружкообразования различна, причем она охватывает и поверхностный слой обработанной детали, в результате чего он приобретает наклёп и возникают внутренние (остаточные) напряжения, что оказывает влияние на качество деталей в целом.

Образование наростов и наклепов оказывает вредное влияние на качество обработки: увеличивает шероховатость поверхности, снижает точность обработки, может вызывать вибрации всей системы резки.

#### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РЕЗАНИЯ.

- 1) скорость резания,
- 2) глубина резания,
- 3) подача.

Эти параметры определяют режим резания. Назначение режимов резания начинают с определения максимально допустимой глубины резания, затем определяют допустимую подачу и скорость резания.

Глубина резания – толщина снимаемого слоя металла за один проход, измеренная по нормали.

Скорость резания – скорость инструмента или заготовки в направлении главного движения, подача – скорость в направлении движения подачи. Например, при точении скоростью резания называется скорость перемещения обрабатываемой заготовки относительно режущей кромки резца (окружная скорость).

Когда определена скорость резания, можно определить частоту вращения шпинделя (об/мин).

По рассчитанным силе резания и скорости резания определяют мощность, необходимую на резание.

В зависимости от условий резания различают 4 вида стружки:

- 1) элементная,

- 2) скалывания,
- 3) сливной,
- 4) надлома.

Характер стружкообразования зависит от условий резания; от химического состава и физико-механических свойств металла, режима резания, геометрии режущей части инструмента, смазывающе-охлаждающей жидкости.

При резании механическая энергия преобразуется в тепловую. Со стружкой уходит 80% тепла, остальное распределяется между резцом, заготовкой и окружающей средой.

В зонах деформации срезаемого слоя и в зонах трения контактов инструмент – стружка и инструмент – деталь возникают тепловые источники, влияющие на стойкость резца и качество поверхностного слоя детали. Изменяются структура и физико-механические свойства срезаемого слоя, поверхностного слоя детали, структуры и твердости поверхностных слоев резца.

Температура резания, трение, тепловые и электрические явления вызывают износ. Различают виды износа:

- 1) адгезионный,
- 2) абразивно-механический,
- 3) абразивно-химический,
- 4) диффузионный,
- 5) электродиффузионный.

Значительно влияют активные смазочно-охлаждающие жидкости, правильный подбор и способ подачи которых увеличивает стойкость режущего инструмента, повышает скорость резания, улучшает качество поверхностного слоя и снижает шероховатость обработанных поверхностей, в особенности деталей из вязких жаропрочных и тугоплавких труднообрабатываемых сталей и сплавов.

**ДАЛЬНЕЙШИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ.** Эффективность резания определяется рациональным режимом резания, учитывающим все влияющие факторы. Повышение производитель-

ности труда и уменьшение потерь металла связано с применением методов получения заготовок, форма и размеры которых максимально приближаются к готовым деталям. Это обеспечивает резкое сокращение обдирочных (черновых) операций и приводит к преобладанию доли чистовых и отделочных операций.

Основные пути развития

1. интенсификация процессов резания,
2. освоение обработки новых материалов,
3. повышение точности и качества обработки,
4. применение упрочняющих процессов.

### **5.3. Физические основы и пути развития электрофизических (ЭФ) и электрохимических (ЭХ) методов обработки.**

Обширная отечественная библиография по электрофизическим и электрохимическим методам обработки позволяет получить полную и детальную информацию на высоком уровне, например, в работах, охватывающих более чем 60-летний временной период [33, 36 – 38]. Из материала этих книг можно почерпнуть основы, необходимые для представления о предназначении, проблемах и особенностях данного вида металлообработки.

**ХАРАКТЕРИСТИКА ЭЛЕКТРО-ФИЗИЧЕСКИХ (ЭФ) И ЭЛЕКТРО-ХИМИЧЕСКИХ (ЭХ) МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ.** Эти методы предназначены в основном для обработки заготовок из очень прочных, весьма вязких, хрупких и неметаллических материалов.

Методы имеют следующие преимущества:

- 1) отсутствует силовое воздействие инструмента на заготовку (или очень мало и не влияет на суммарную погрешность обработки);
- 2) позволяют менять форму поверхности заготовки и влияют на состояние поверхностного слоя: наклеп обработанной поверхности не образуется, де-

фектный слой незначителен; повышаются коррозионные, прочностные характеристики поверхности;

3) можно обрабатывать очень сложные наружные и внутренние поверхности заготовок.

ЭФ и ЭХ методы обработки являются универсальными и обеспечивают непрерывность процессов при одновременном формообразовании всей обрабатываемой поверхности. Эти методы внедряются в различных отраслях промышленности.

### ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ.

В настоящее время известны и применяются следующие основные способы электроэрозионной обработки: электроискровой, электроимпульсный и электроконтактный. Эти методы основаны на явлении эрозии электродов при пропускании между ними импульсного электрического тока. Разряд между электродами происходит в газовой среде или при заполнении межэлектродного пространства диэлектрической жидкостью – керосин, минеральное масло. При определенном значении разности потенциалов на электродах межэлектродное пространство ионизируется – образуется канал проводимости, по которому устремляется электроэнергия в виде импульсного искрового или дугового разряда.

На поверхности заготовки температура возрастает до 10000...12000 °С. Происходит мгновенное оплавление и испарение элементарного объема металла и на обрабатываемой поверхности образуется лунка. Удаленный металл застывает в диэлектрической жидкости в виде гранул диаметром 0,01...0,005 мм.

При непрерывном подведении к электродам импульсного тока процесс эрозии продолжается, пока не будет удален весь металл, находящийся между электродами на расстоянии, при котором возможен электрический пробой (0,01...0,05 мм) при заданном напряжении.

Для продолжения процесса необходимо сблизить электроды до указанного расстояния. Электроды сближаются автоматически с помощью следящих систем.

### ЭЛЕКТРОИСКРОВАЯ ОБРАБОТКА.

В этом методе используют импульсные искровые разряды между электродом – заготовкой (анод) – и электродом – инструментом (катод).

Конденсатор  $C$  заряжается через резистор  $R$  от источника постоянного

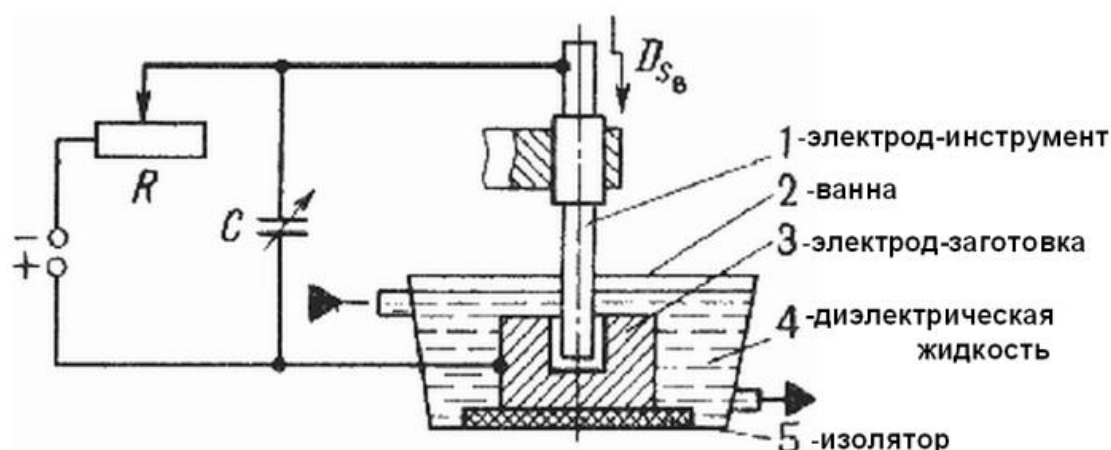


Рис.4.5. Схема электроискрового метода обработки

тока напряжением 100...200 В. Когда напряжение на электродах 1 и 3 достигает пробойного образуется канал, через который осуществляется искровой разряд энергии, накопленной конденсатором.

Продолжительность импульса 20...200 мкс.

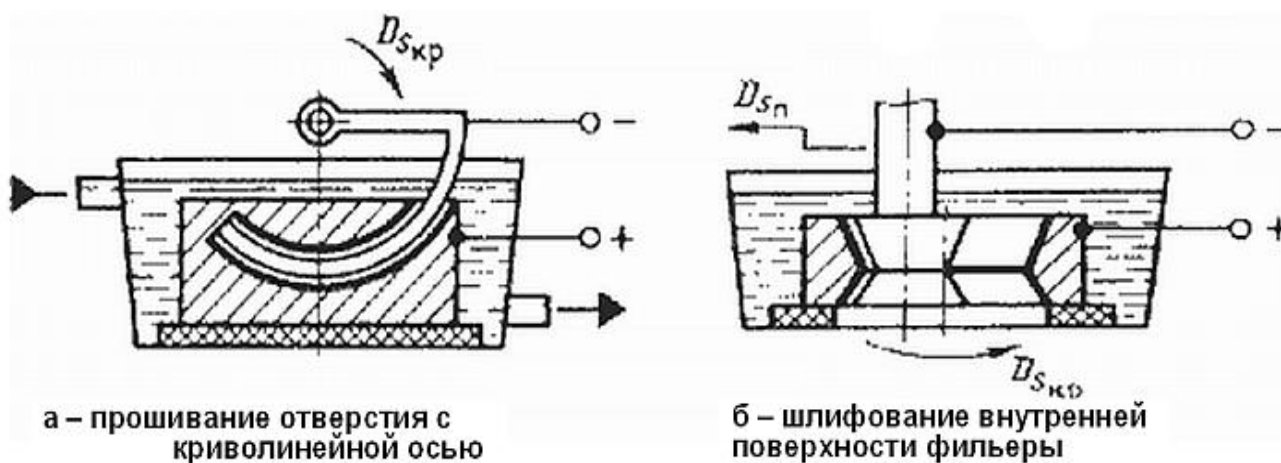


Рис.4.6. Получение отверстий любой формы (а) и шлифование (б)



Точность обработки до 0,002 мм,  $R_a = 0,63 \dots 0,16$  мкм.

Для непрерывности процесса электроискровой обработки, то есть когда соблюдается условие неизменности величины электроискрового зазора, станки снабжаются следящей системой и системой автоматической подачи инструмента.

Электроискровым способом получают сквозные отверстия любой формы поперечного сечения, глухие отверстия и полости, отверстия с криволинейными осями, вырезают заготовки из листа, выполняют плоское, круглое и внутреннее шлифование. Изготавливают штампы и пресс-формы, фильеры, режущий инструмент. Фильеры обыкновенно производятся из благородных металлов и из стали, покрытой благородным металлом, и представляют собой высокопрочные формы, через которые продавливают различные пластические вещества: пластмассы, стекло и т. п.

Электроискровую обработку применяют для упрочнения поверхностного слоя металла. На поверхность наносят тонкий слой металла или композиционного материала. Покрытие повышает твердость, износо-, жаро-, эрозионную стойкость.

**ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА.** Используют электрические импульсы большой длительности (5 – 10 миллисекунд), в результате чего происходит дуговой разряд. Применяют электрические импульсные генера-

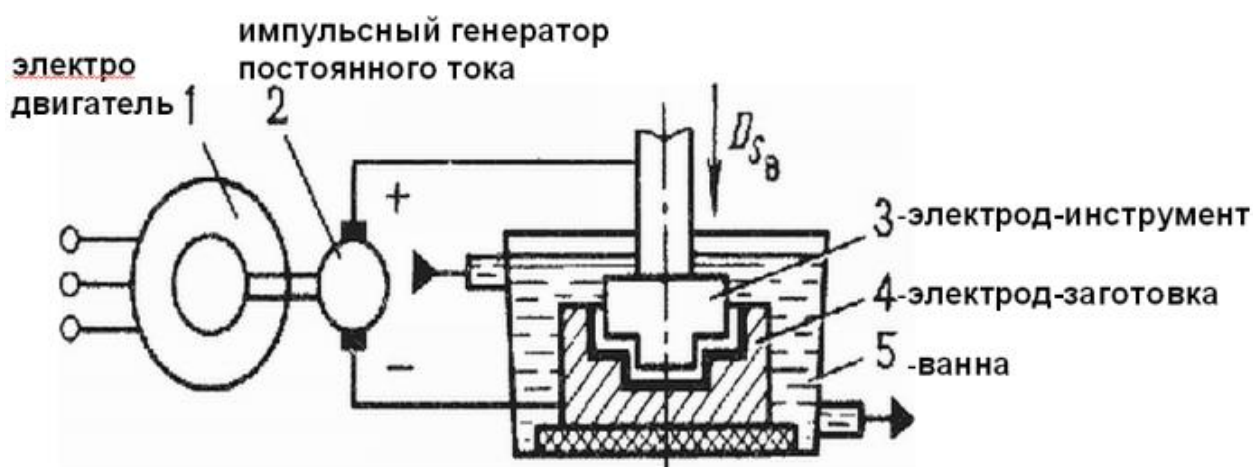


Рис.4.7. Схема электроимпульсной обработки.

торы постоянного тока, что позволяет вырабатывать и применять большие мощности импульсов, обеспечивающих высокую производительность обработки.

Такую обработку целесообразно применять при предварительной обработке штампов, турбинных лопаток авиадвигателей, фасонных отверстий в деталях из коррозионно-стойких и жаропрочных сплавов.

**ЭЛЕКТРОКОНТАКТНАЯ ОБРАБОТКА.** Этот способ основан на локальном нагреве заготовки в месте контакта с электродом-инструментом и удалении размягченного или расплавленного металла из зоны обработки механическим способом: движением заготовки или инструмента.

Источником нагрева служат импульсные дуговые разряды.

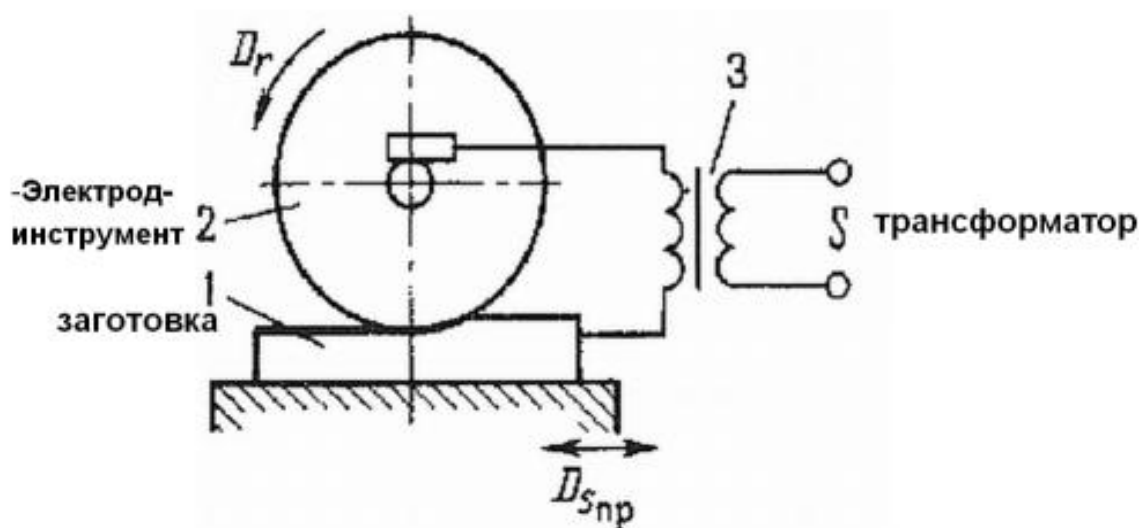


Рис.4.8. Схема электроконтактной обработки.

Рекомендуется для крупных деталей из углеродистых и легированных сталей, чугуна, цветных, тугоплавких и специальных сплавов.

Применяют для зачистки отливок от заливов, отрезки, зачистки проката, шлифования коррозионных деталей из труднообрабатываемых сплавов.

#### **ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА.**

Метод основан на законах анодного растворения металлов при электролизе. При прохождении тока через электролит на поверхности заготовки происходят химические реакции и поверхностный слой металла превращает-

ся в химическое соединение. Продукты электролиза переходят в раствор или удаляются механическим способом. Производительность способа зависит от электрохимических свойств электролита, обрабатываемого материала и плотности тока.

### ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛИРОВАНИЕ.

Электрохимическое полирование осуществляется в ванне, заполненной электролитом (растворы кислот и щелочей). Обрабатываемую заготовку подключают к катоду (рис.). - металлическая пластинка из свинца, меди, стали (иногда электролит подогревают).

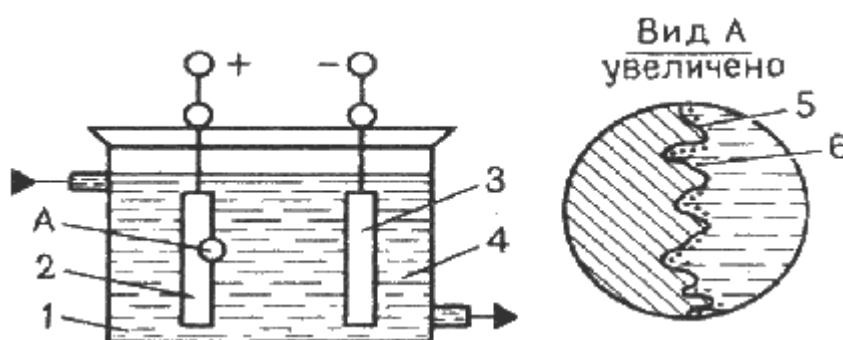


Рис. 4.9. Схема электрохимического полирования. 1 – ванна; 2 – обрабатываемая заготовка; 3 – пластина-электрод; 4 – электролит; 5 – микровыступ; 6 – продукты анодного растворения

При подаче напряжения происходит растворение металла заготовки, в основном на выступах микронеровностей, потому что на выступах напряженность электрического поля больше. В результате избирательного растворения, микронеровности сглаживаются, и обрабатываемая поверхность приобретает металлический блеск.



Рис. 4.10. Примеры электрохимического полирования стальных деталей.

Вследствие электрохимической полировки улучшаются электрофизические характеристики деталей: уменьшается глубина микротрещин, поверхностный слой не деформируется, исключаются термические изменения структуры, повышается коррозионная стойкость.

Этим методом получают поверхности, предназначенные для последующего гальванического покрытия, доводят рабочие поверхности режущего инструмента, изготавливают тонкие ленты и фольгу, очищают и декоративно отделывают детали.

### ЛУЧЕВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ

Электроннолучевая обработка основана на превращении кинетической энергии пучка электронов в тепловую энергию. Высокая плотность энергии сфокусированного электронного луча позволяет обрабатывать заготовку за счет нагрева, расплавления и испарения материала с локального участка.

Схема электроннолучевой обработки представлена на рис.4.11. Электронный луч образуется за счет эмиссии электронов с нагретого в вакууме

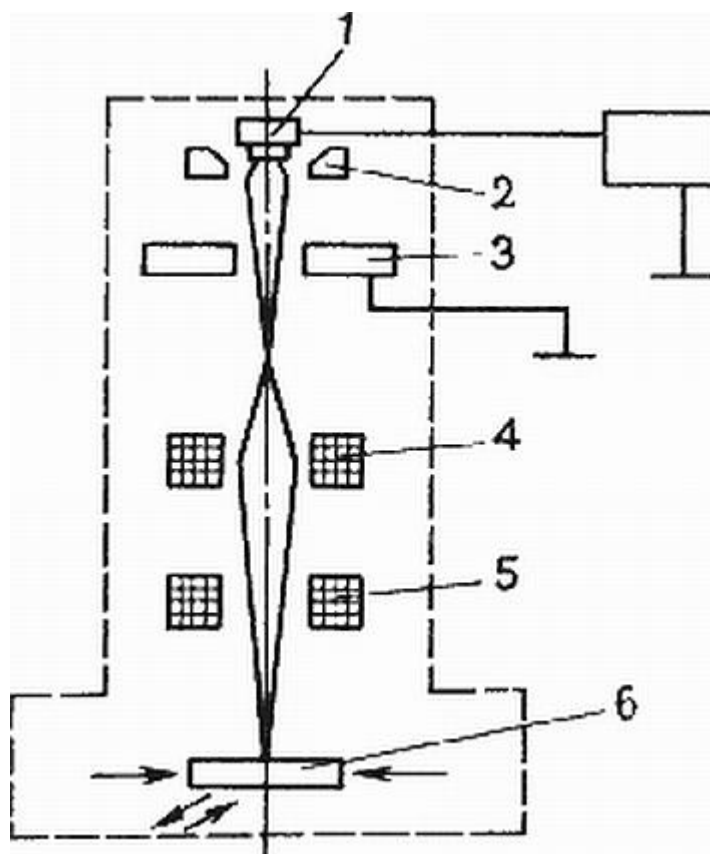


Рис.4.11. Схема электроннолучевой обработки

катода 1. Он с помощью электростатических 2,3 и электромагнитных 4,5 линз фокусируется на заготовке 6.

Установка работает в импульсном режиме, что обеспечивает локальный нагрев заготовки.

Метод эффективен при обработке отверстий диаметром от 1 до 0,010 мм, при прорезании пазов, резке заготовок, изготовлении тонких пленок и сеток из фольги, изготовлении заготовок из труднообрабатываемых металлов и сплавов, керамики, кварца, полупроводникового материала.

### ЛАЗЕРНАЯ ОБРАБОТКА

Основана на тепловом воздействии светового лазерного луча высокой энергии на поверхность заготовки. Источником светового излучения служит лазер – оптический квантовый генератор. Энергия светового луча не велика 20 – 100 Дж, но она выделяется в миллионные доли секунды и сосредотачивается в луче диаметром 0,01 мм. Поэтому температура в зоне контакта 6000 – 8000 °С. [39, 40].

Суть технологии лазерной резки заключается в следующем: луч лазера направляется на обрабатываемой поверхности на участок, размер которого может не превышать и десятой части миллиметра. При этом данный луч обладает значительной мощностью и способен изменять физические свойства материала – он может плавить, испарять и разрушать структурные связи металла. Слой металла мгновенно расплавляется и испаряется. С помощью этого метода осуществляется прошивание отверстий, разрезание заготовки, прорезание пазов в заготовках из любых материалов (фольга из тантала, вольфрама, молибдена). Также с помощью этого метода можно осуществить контурную обработку по сложному периметру. Таким образом, полотно может быть раскроено на любые части.

Лазерная обработка – самый современный способ обработки металлов и отличается рядом существенных преимуществ.

Во-первых, при помощи резки лазером можно получить практически любую форму, в том числе и уникального, сложного дизайна. Данная



Рис.4.12. Высокотехнологичная обработка металлов: лазерная резка.

требуется присадочных материалов, а сварной шов обладает высокой прочностью. Также лазерная обработка используется для лазерной модификации поверхности и закалке для деталей, которым требуется особая износостойкость.

технология позволяет избежать механического воздействия на обрабатываемую поверхность, поэтому неточности результата исключены. Также этот способ подразумевает отсутствие деформации материала при обработке и небольшое термическое воздействие. При лазерной сварке не происходит деформация поверхности изделия, не

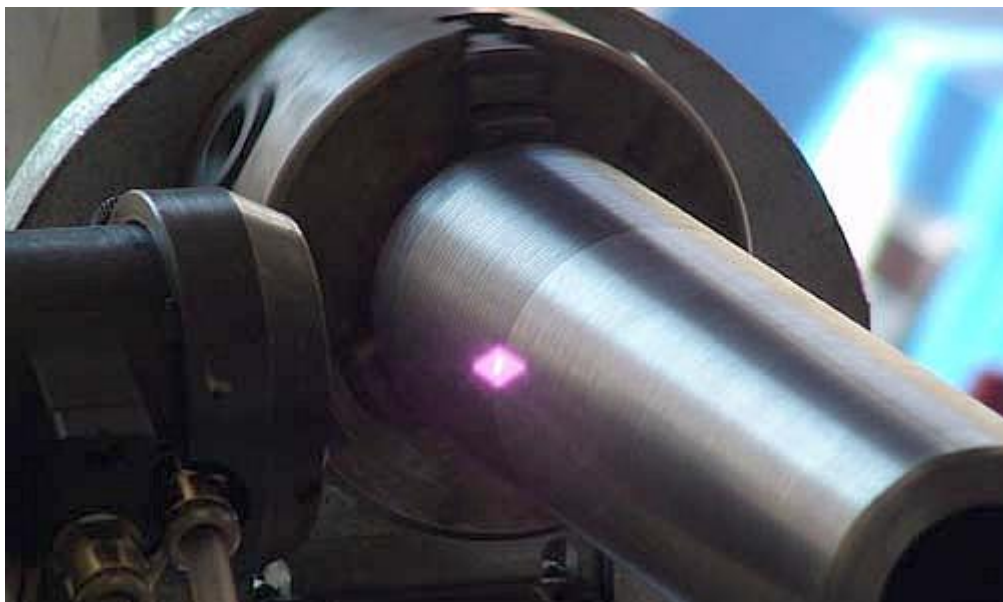


Рис.4.13. Токарно-лазерная обработка

Во-вторых, лазер позволяет добиться идеально ровной кромки реза и создавать минимально возможные отверстия. Данный способ высокоэффек-

тивен и практически безотходен, он применим к материалам любой фактуры и сложности – сталь, алюминий, латунь, титан, медь, сплавы и так далее. Также лазерная обработка отличается высокой скоростью действия, по сравнению с классическими видами резки металла. Еще одним преимуществом метода является относительно низкая цена работ.

## ПЛАЗМЕННАЯ ОБРАБОТКА

Сущность обработки заключается в том, что плазму направляют на обрабатываемую поверхность. Плазменная струя представляет собой направленный поток частично или полностью ионизированного газа, имеющего температуру 10000...20000 0С. Плазму получают в плазменных горелках, пропуская газ через столб сжатой дуги. В качестве плазмообразующих газов используют азот, аргон, водород, гелий, воздух и их смеси. [41,42]

С помощью этого метода прошиваются отверстия, вырезаются заготовки из листового материала, производится точение в заготовках из любых материалов. При прошивании отверстий и разрезке излучатель устанавливают перпендикулярно к поверхности заготовки, при строгании и точении – под углом 40...60°.

Процесс воздушно-плазменной резки основан на использовании воздушно-плазменной дуги постоянного тока прямого действия (рабочий электрод – катод, разрезаемый металл – анод).

Сущность процесса заключается в местном расплавлении и выдувании расплавленного металла с образованием полости реза при перемещении плазменного резака относительно разрезаемого металла. Для возбуждения рабочей дуги, с помощью осциллятора зажигается вспомогательная дуга между электродом и соплом - так называемая дежурная дуга, которая выдувается из сопла пусковым воздухом в виде факела длиной 20-40 мм. Ток дежурной дуги 25 или 40-60 А, в зависимости от источника плазменной дуги. При касании факела дежурной дуги металла возникает режущая дуга - рабочая, и

включается повышенный расход воздуха; дежурная дуга при этом автоматически отключается.

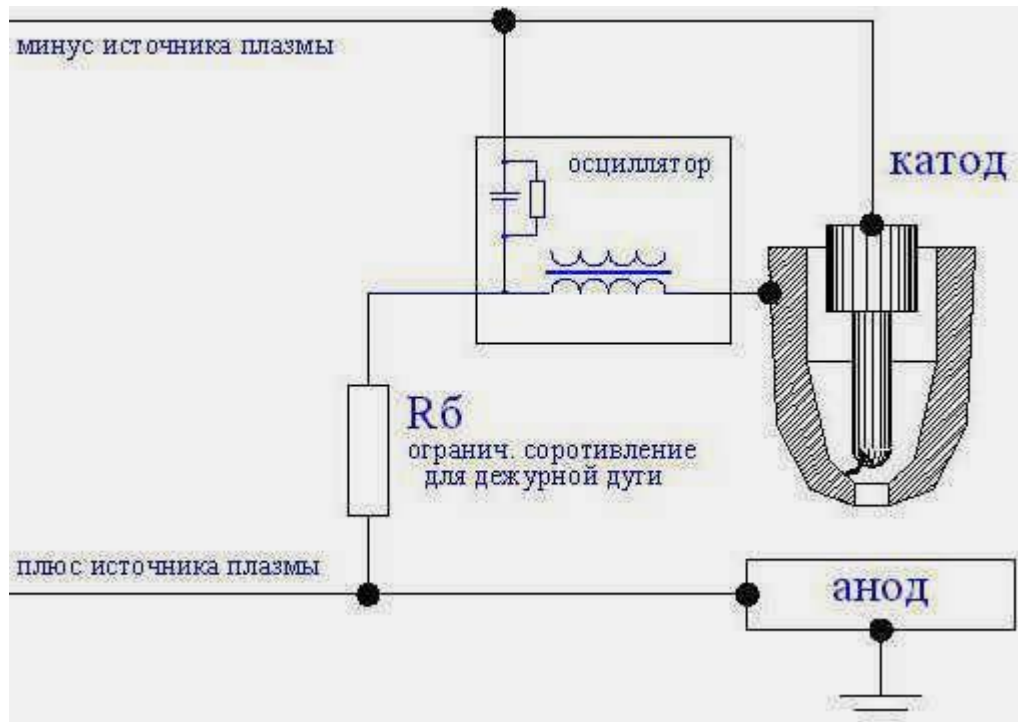


Рис. 4.14. Схема плазменной резки.

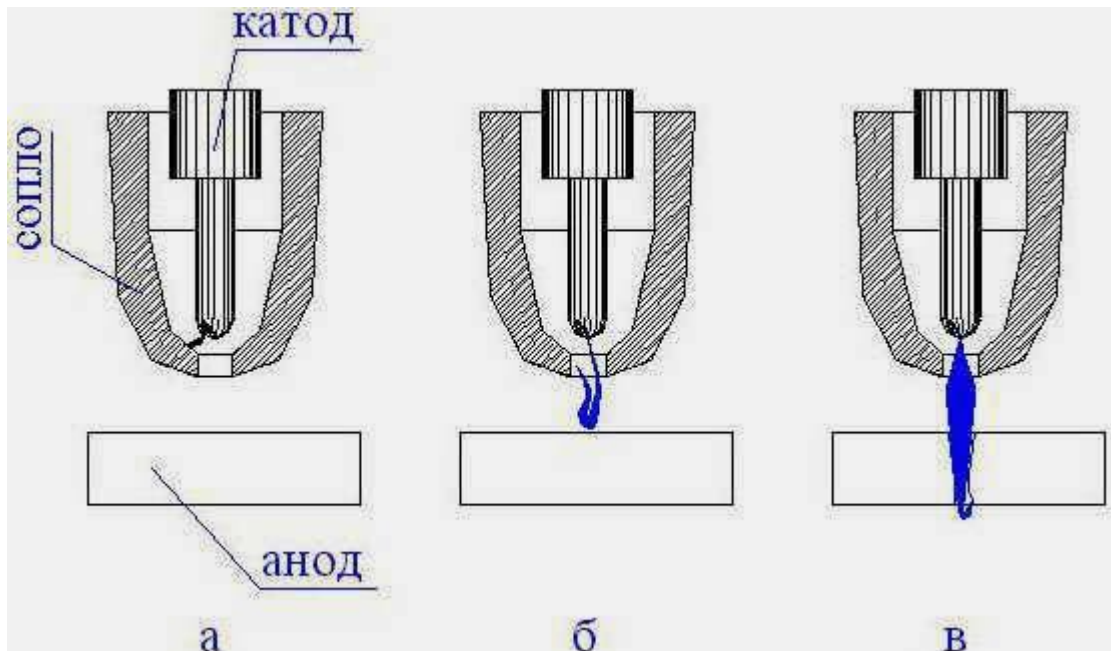


Рис.4.15. Этапы формирования рабочей дуги. а - зарождение дежурной дуги; б - выдувание дежурной дуги из сопла до касания с поверхностью разрезаемого листа; в - появление рабочей (режущей) дуги и проникновение через рез металла.



Применение способа воздушно-плазменной резки, при котором в качестве плазмообразующего газа используется сжатый воздух, открывает широкие возможности при раскросе низкоуглеродистых и легированных сталей, а также цветных металлов и их сплавов.

Преимущества воздушно-плазменной резки по сравнению с механизированной кислородной и плазменной резкой в инертных газах следующие: простота процесса резки; применение недорогого плазмообразующего газа - воздуха; высокая чистота реза (при обработке углеродистых и низколегированных сталей); пониженная степень деформации; более устойчивый процесс, чем резка в водородосодержащих смесях.

### ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДУШНО-ПЛАЗМЕННОЙ РЕЗКИ.

Для обеспечения нормального процесса воздушно-плазменной резки необходим рациональный выбор параметров режима. Параметрами режима являются: диаметр сопла, сила тока, напряжение дуги, скорость резки, расстояние между торцом сопла и изделием и расход воздуха. Форма и размеры соплового канала обуславливают свойства и параметры дуги. С уменьшением диаметра и увеличением длины канала возрастают скорость потока плазмы, концентрация энергии в дуге, её напряжение и режущая способность. Срок службы сопла и катода зависят от интенсивности их охлаждения (водой или воздухом), рациональных энергетических, технологических параметров и величины расхода воздуха.

При воздушно-плазменной резке сталей диапазон разрезаемых толщин может быть разделён на два - до 50 мм и выше. В первом диапазоне, когда необходима надёжность процесса при небольших скоростях резки, рекомендуемый ток 200-250 А. Увеличение силы тока до 300 А и выше приводит к возрастанию скорости резки в 1,5-2 раза. Повышение силы тока до 400 А не даёт существенного прироста скоростей резки металла толщиной до 50 мм. При резке металла толщиной более 50 мм следует применять силу тока от 400 А и выше. С увеличением толщины разрезаемого металла скорость воздушно-плазменной резки быстро падает.

При воздушно-плазменной резке меди рекомендуется применять силу тока 400 А и выше. Замечено, что при резке меди с использованием воздуха во всём диапазоне толщины и токов образуется легко удаляемый грат.

Хорошего качества реза при резке алюминия, с использованием воздуха в качестве плазмообразующего газа, удаётся достигнуть лишь для небольших толщин (до 30 мм) на токах 200 А. Удаление грата с листов большой толщины затруднительно. Воздушно-плазменная резка алюминия может быть рекомендована лишь как разделительная при заготовке деталей, требующих последующей механической обработки. Припуск на обработку допускается не менее 3 мм.

#### ПЛАЗМЕННОЕ НАПЫЛЕНИЕ.

Этот вид обработки осуществляется с целью получения заданных размеров детали.

В камеру плазматрона подается порошкообразный конструкционный материал и инертный газ под давлением.

Под действием дугового разряда конструкционный материал плавится и переходит в состояние плазмы; струя плазмы сжимается в плазматроне газом. Выходя из сопла, струя направляется на обрабатываемую заготовку.

На рис. 4.16 и рис. 4.17 показана технология плазменного напыления производственной фирмы «ТЕХНАП» (<http://www.tehnap.ru>), которая использует, среди прочих способов, газопламенное и плазменное напыления для решения вопросов защиты поверхности деталей от абразивного, коррозионного, механического износа и износа при трении скольжения, высокотемпературной газовой коррозии, а также для ремонта с одновременным повышением эксплуатационных свойств поверхности. С помощью напыления можно создавать надежную защиту поверхностей изготовленных деталей машин и крупных стальных конструкций. Кроме того, способы напыления позволяют восстанавливать дорогостоящие детали с относительно небольшими затратами материала, времени и денежных средств, что дает значительную экономию металла.

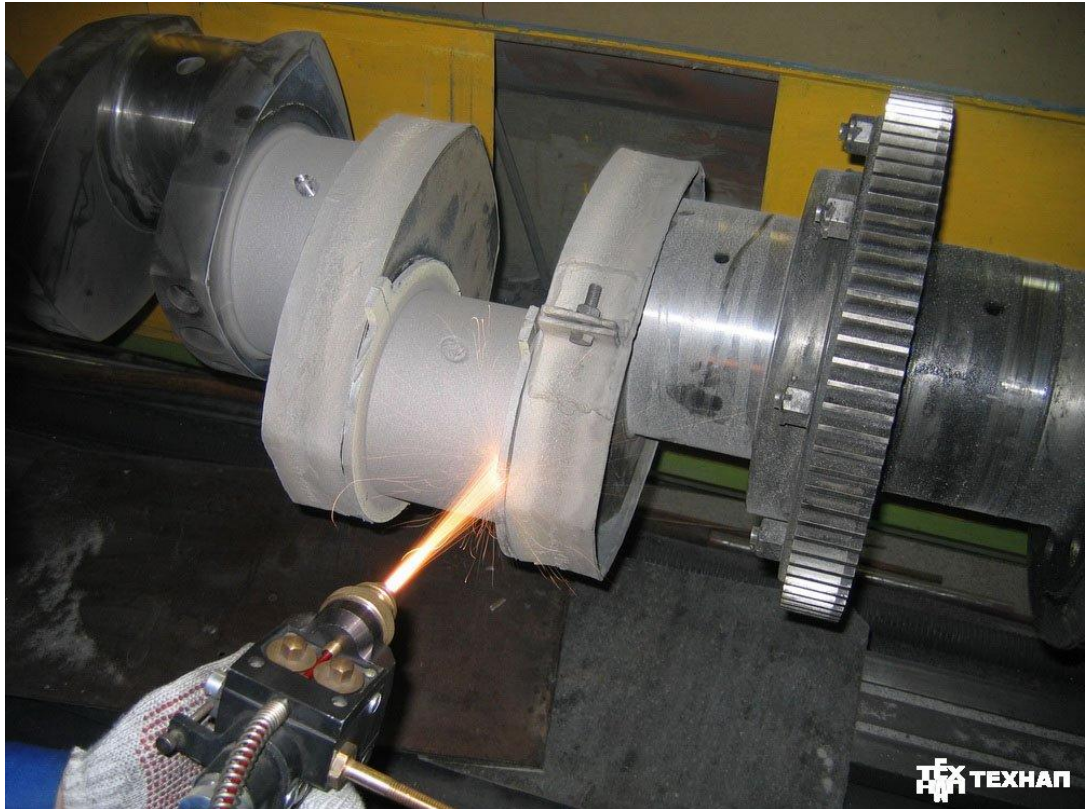


Рис.4.16. Газоплазменное напыление шейки коленчатого вала тепловозного дизеля 5Д49, восстановление геометрии с продлением срока службы

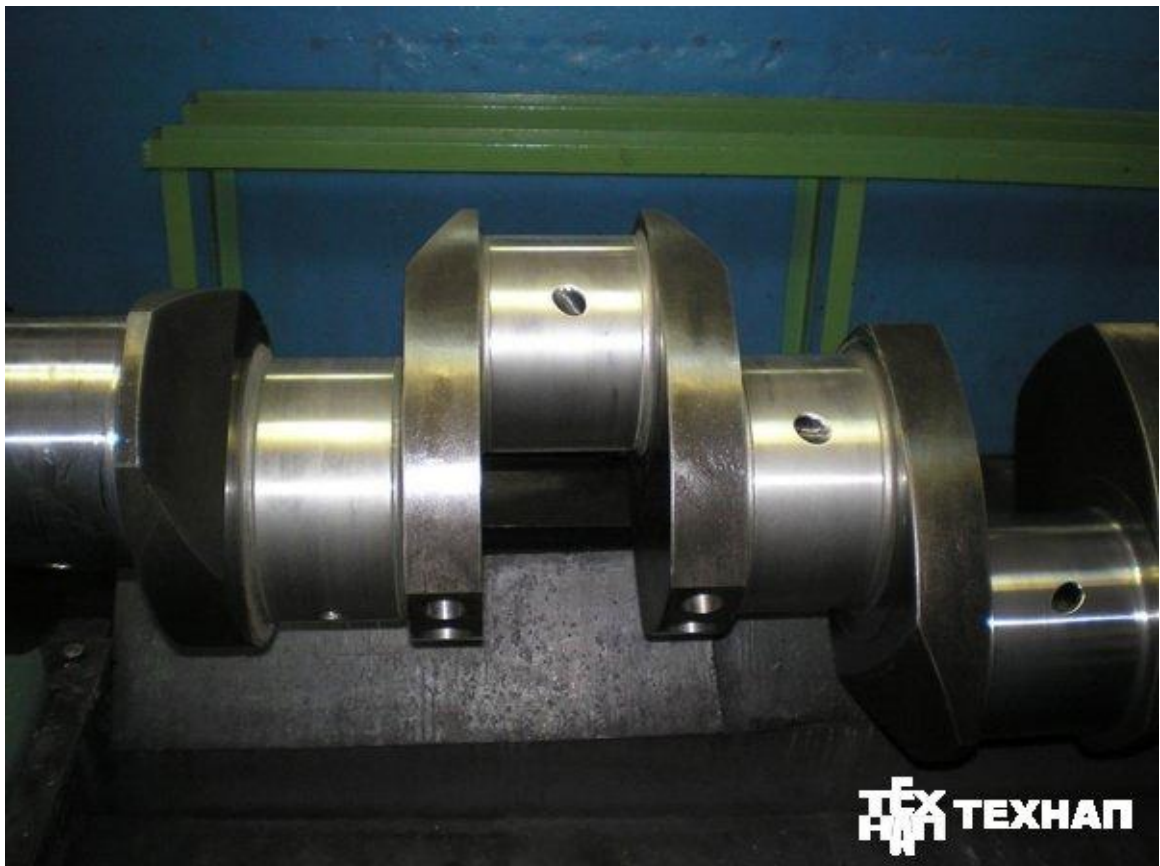


Рис.4.17. Газотермическое напыление. Покрытие после мехобработки.

## 6. Технологии электроники и электронной техники

### 6.1. Этапы развития радиотехники и электроники

Путь промышленности от традиционной радиотехники и электроники к микроэлектронике был небыстрым, хотя достаточно коротким в масштабе всего пути научно-технического прогресса, условно начиная, например, от изобретения паровых машин. Этот путь зависит напрямую от развития элементной базы электроники, в котором можно выделить следующие 4 этапа.

I. 1900 – 1950 годы – используются дискретные элементы индуктивностей (L), емкостей (C), резисторов (R), электронно-вакуумные лампы – диоды, триоды и другие типы ламп в качестве элементов, усиливающих и преобразующих сигналы. Широкое распространение навесного монтажа в радиоаппаратуре .



Рис.6.1. Пример аппаратуры I этапа. Ламповая радиола «Эстония», пример шасси из дюралюминия и навесного монтажа радиоэлементов. Отечественные электронные лампы различного назначения: внешний вид и размеры.

Навесной монтаж предполагал наличие, чаще всего, П-образного металлического шасси, обычно изготовленного из дюралюминия – сплава алюминия с добавкой 4 % меди и термозакаленного от 500°С.

На плоской поверхности большей площади шасси с внешней стороны размещали дискретные радио- и электротехнические элементы: радиолампы, воздушные переменные конденсаторы для настройки колебательных контуров радиоприемников, баллоны постоянных электролитических конденсаторов, трансформаторы электропитания накальных нитей и анодов радиоламп, звуковые трансформаторы и другие элементы.

Внутри П-образного шасси располагались дискретные резисторы (зеленого цвета на рис.6.1 ) и конденсаторы (красного и белого цвета на рис.6.1) в форме цилиндров и стерженьков, катушки индуктивности и другие элементы. Эти элементы припаиваются своими выводами к контактным панелькам радиоламп, к вспомогательным контактным панелькам и т.п., соединяются друг с другом проводами или непосредственно выводами так что они свободно располагаются «подвешенными» во внутреннем пространстве П-образного шасси.

Такой монтаж называют навесной. Надежность его ниже, чем у, так называемого, печатного монтажа, но ремонтпригодность выше за счет свободного доступа к отдельным радиоэлементам. Также лучше механическая развязка электронных ламп, условия охлаждения для отдельных элементов.

П. 1950 – наши дни – используются дискретные элементы индуктивностей (L), емкостей (C), резисторов (R), полупроводниковые диоды, транзисторы и другие полупроводниковые приборы в качестве усиливающих и преобразующих сигналы элементов, которые вытесняют постепенно лампы. На смену навесному монтажу приходит печатный монтаж в производстве радиоаппаратуры. Технологии этого периода сохраняются в промышленности и в наши дни.

Предпосылки появления печатного монтажа радиоаппаратуры появились в 40-х годах XX века в виде научных работ по получению плотноприлегающего металлического покрытия на изоляционных основаниях, например, работа [43]. Начиная с 1947 г. в отечественных популярных научно-технических журналах появляются актуальные статьи на тему применения печатного монтажа радиоаппаратуры. В 1949 году выходит одна из первых серьезных книг по технологии производства радиоаппаратуры [44]. В 1952 г. в знаменитой серии Массовая радиобиблиотека (МРБ) для радиолюбителей уже вышла популярная книга Левитина «Новое в изготовлении радиоаппаратуры» [45].

Дадим ряд необходимых определений, которые в емкой форме точно отражают смысл основных понятий печатного монтажа радиоаппаратуры.

**ПЕЧАТНАЯ ПЛАТА** – изоляционное основание с нанесенным на него печатным монтажом и отверстиями, предназначенными для крепления навесных деталей. Изготавливается из тонких (1-2 мм) листов гетинакса или стеклотекстолита, или полиамида, фольгированных медью с одной или двух сторон. Бывают также многослойные платы.

**ПЕЧАТНЫЙ ПРОВОДНИК** – металлизированный участок на поверхности изоляционного основания.

**ПЕЧАТНАЯ ДЕТАЛЬ** – деталь, выполненная непосредственно на печатной плате и являющаяся элементом печатной схемы, например печатная катушка индуктивности.

**ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ** – система токонесущих печатных проводников, обеспечивающих электрическое соединение элементов схемы

**ПЕЧАТНЫЕ СХЕМЫ** – способ монтажа радиоаппаратуры, воспроизводящий объемный монтаж в виде рисунка в одной плоскости на одной или обеих сторонах плоской панели из изоляционного материала – платы. Эта технология обеспечивает изготовление как соединительных проводов, так и сопротивлений, катушек индуктивности, трансформаторов, конденсаторов, переключателей и др. элементов аппаратуры. Значительно снижает вес и га-

бариты аппаратуры, повышает ее прочность, обеспечивает постоянство параметров аппаратуры и облегчает доступ к монтажу.

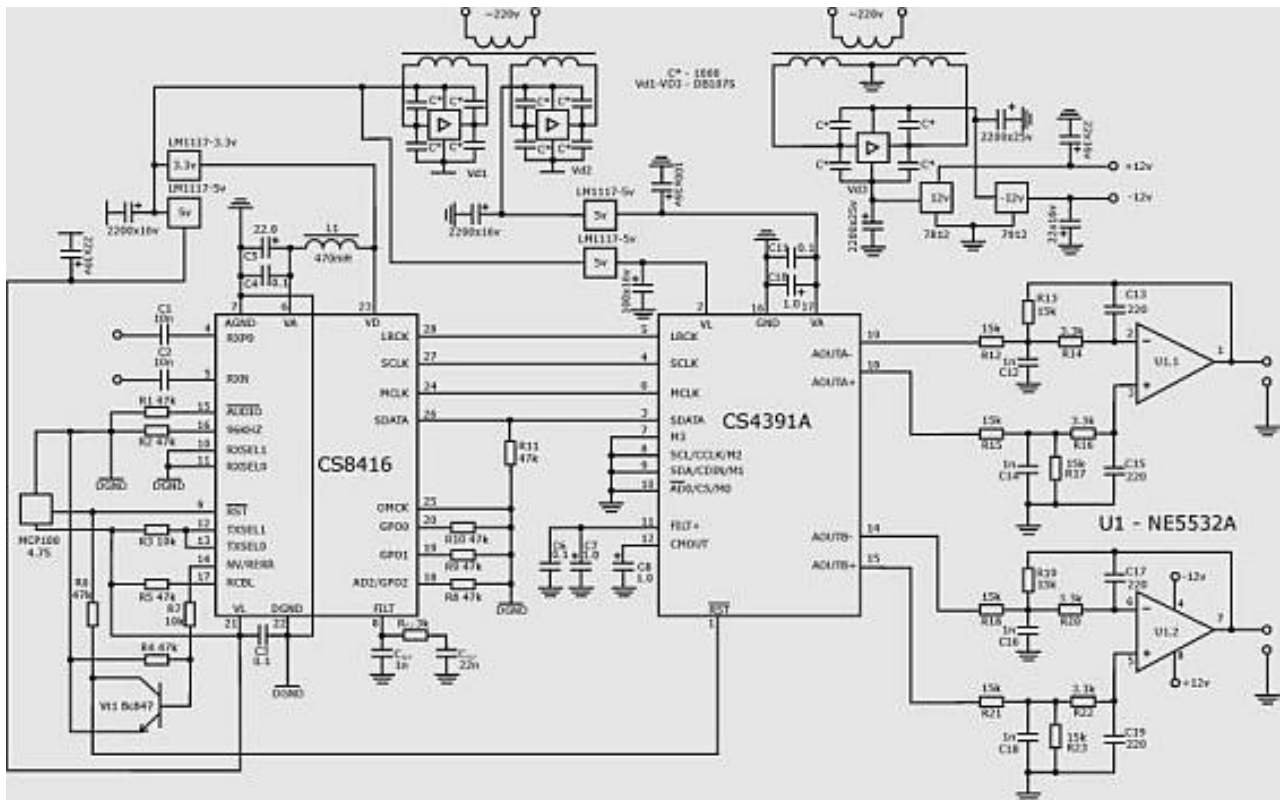
Наиболее популярный способ изготовления печатных плат – травление лишнего металла в соответствии с топологией печатной схемы. Часть металлизации, не закрытая лаком, стравливается кислотным или щелочным травителем. Затем на станках–автоматах высверливаются отверстия в контактных площадках печатных проводников. Такой способ пригоден для поточного производства в цехах радиозаводов.

С появлением в научно-технической практике персональных компьютеров трассировка (разводка рисунка) сложных схем осуществляется компьютерным способом с помощью следующих программных комплексов.

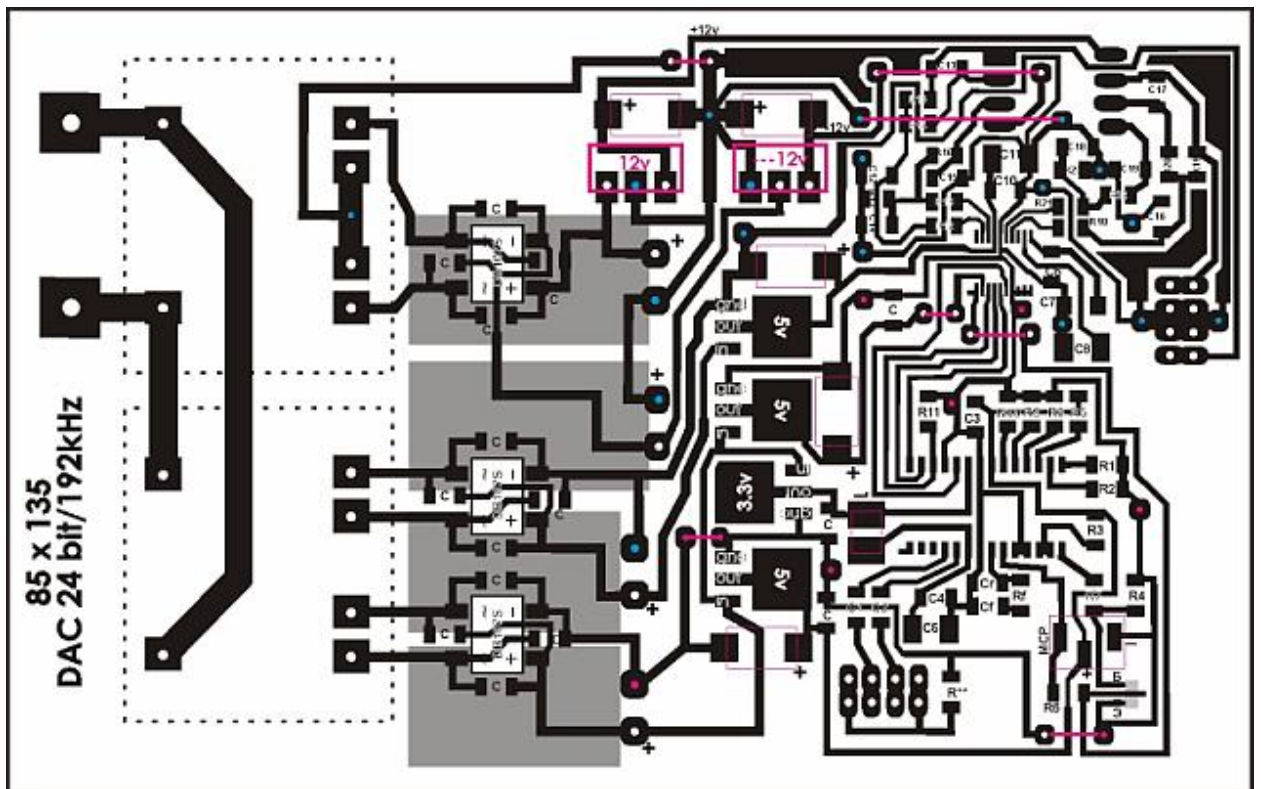
1. PCAD 2000-2006
2. PCAD 4.5/8.5/8.7
3. Accel EDA
4. ORCAD
5. GERBER
6. Sprint-Layout
7. Altium Designer и других.

Принципиально предназначение и результаты работы указанных программных продуктов не отличаются. Все они предназначены для автоматизированного получения работоспособной печатной платы из имеющегося чертежа принципиальной электрической схемы электронного устройства. Работоспособной печатной платы означает, что когда в размеченные компьютером отверстия печатной платы будут вставлены проволочные выводы радиоэлементов и припаяны к контактным площадкам платы, то готовое устройство будет работать в соответствии с его предназначением.

Таким образом, от сложной принципиальной электрической схемы мы должны перейти к готовой, размеченной печатной плате так, как это показано на рис. 6.2.



а) схема электрическая принципиальная;



б) готовая печатная плата, полученная в системе PCAD

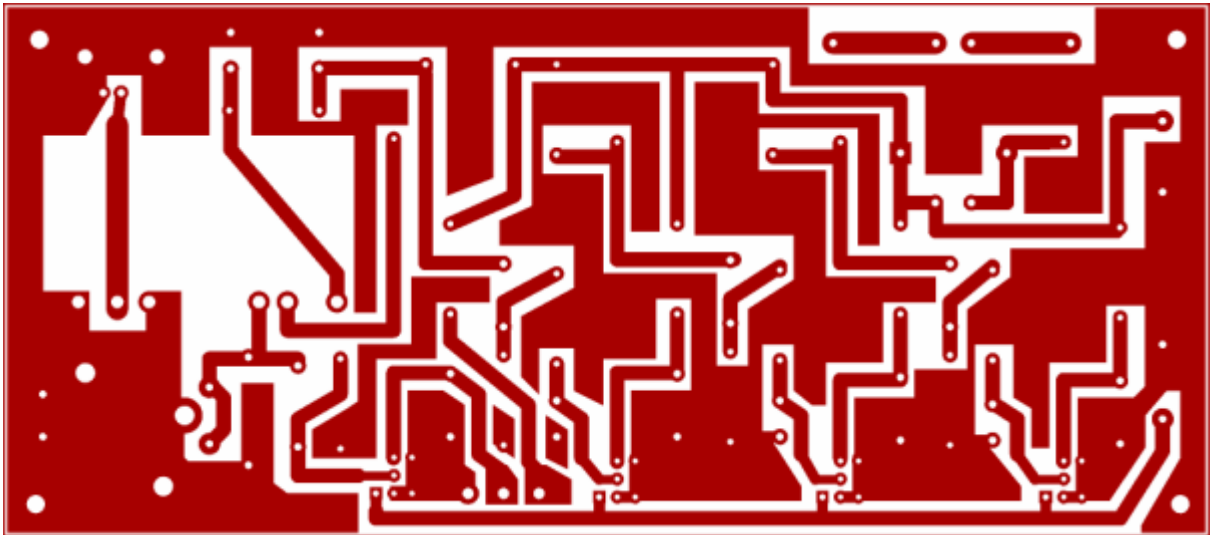
Рис. 6.2. Пример печатной платы (б), выполненной в системе PCAD из электрической принципиальной схемы (а) электронного устройства.



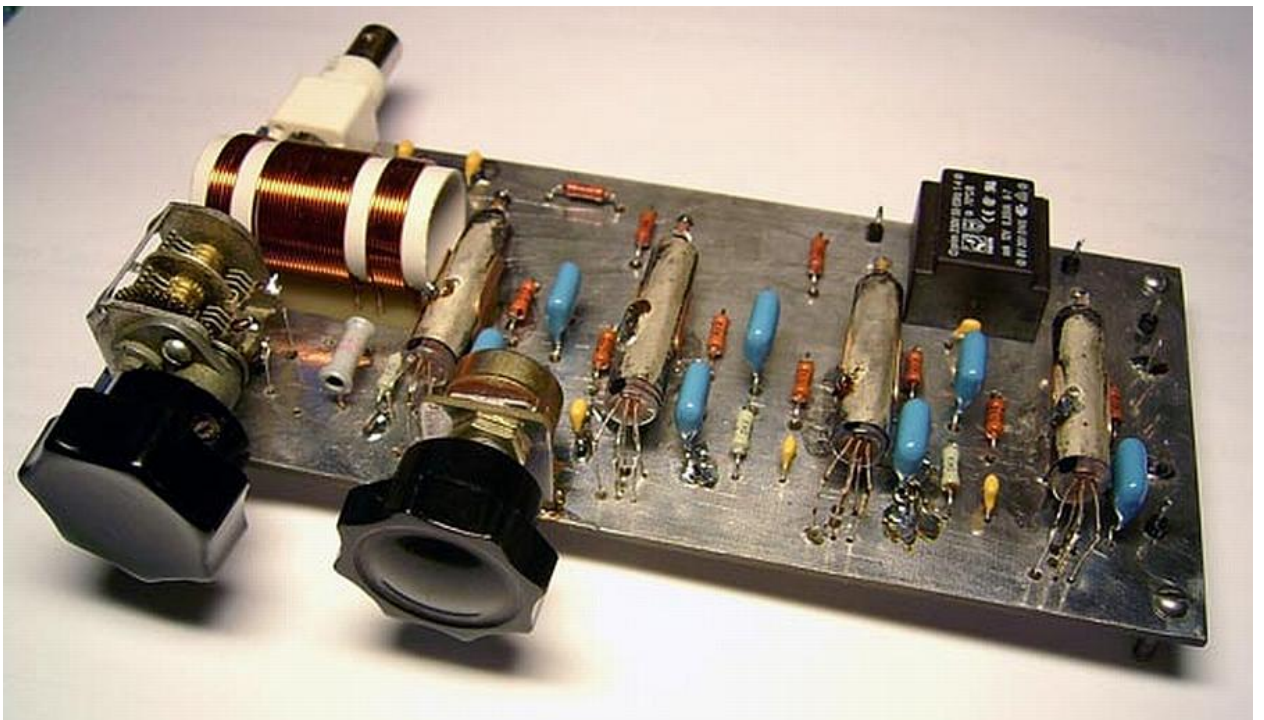
Наиболее популярными из вышеперечисленных программных пакетов можно считать пакеты PCAD и Altium Designer, которые обозначают собой начало и завершение определенного этапа эволюционного развития указанных программных средств. С развитием вычислительных мощностей компьютеров увеличивались проектные мощности программного обеспечения, его функциональные возможности и удобства работы.

В отличие от системы PCAD, ввод проекта в котором ограничивается лишь вводом схем (пусть даже многолистовых), система Altium Designer изначально предназначена для построения проекта изделия сверху вниз: аппарат - блок - субблок - модуль - ячейка - плата - компонент (ПЛИС). Проект Altium Designer представляет собой специальный служебный файл, содержащий ссылки на отдельные документы и обеспечивающий доступ к ним в рамках среды проектирования Design Explorer. Отдельные документы проекта могут храниться на жестком диске компьютера или на соседних машинах в рамках локальной вычислительной сети, причем допускается множественный доступ к одним и тем же файлам, и использование одного документа в разных проектах, что обеспечивает уникальные возможности групповой разработки.

Система Altium Designer имеет мощные средства автоматического и интерактивного размещения компонентов. Здесь имеются две встроенные программы авторазмещения компонентов Cluster Placer и Statistical Placer, что существенно отличает ее от PCAD, в котором таких средств нет вообще. Cluster Placer рекомендуется для работы с платами с числом компонентов не более 100 и хорошо управляется набором правил проектирования, регламентирующих зазоры между компонентами, слои, ориентацию, высоту и группировку. Statistical Placer предназначена для обработки плат с числом компонентов свыше ста. Она работает по принципиально другим алгоритмам и не учитывает перечисленные выше правила проектирования. Главным критерием правильного размещения компонентов здесь считается равномерное распределение компонентов на плате при оптимальной плотности связей.



а) печатная плата «А1» – вид со стороны вытравленных проводников



б) обратная сторона печатной платы «А1» с размещенными радиоэлементами

Рис. 6.3. Готовая печатная плата (а) и электронное устройство, собранное на её основе.

Интересным примером инноваций в сфере развития печатного монтажа является электронное устройство, собранное на вакуумной лампе по схеме рис.6.4 (в). Это схема звукового усилителя низкой частоты на двух электронных лампах. В схеме присутствуют разделительный конденсатор  $C$  и четыре резистора, задающих смещение на сетках ламп –  $R_1$  и  $R_3$  и определяющих нагрузку в анодных цепях ламп –  $R_2$  и  $R_4$ . На практике вместо двух отдельных ламп – триодов используют одну лампу, внутри которой конструктивно совмещены два триода – эта лампа называется двойной триод. Разводка спроектированной печатной платы и её соединение с электродами двойного триода показаны на рис. 6.4.(б). С помощью технологий напыления и электрохимического осаждения на стеклянном диэлектрическом корпусе лампы можно нанести, «напечатать», печатную «плату» работающей схемы на двух триодах и получить компактное работающее электронное устройство – усилитель низкой частоты на двух усилительных каскадах

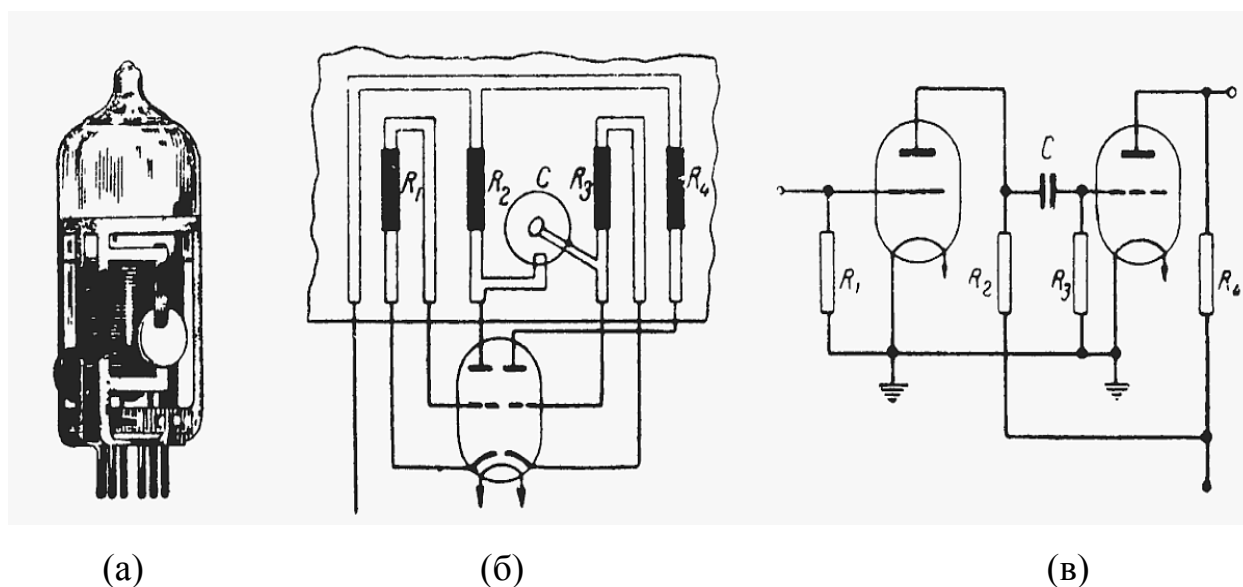


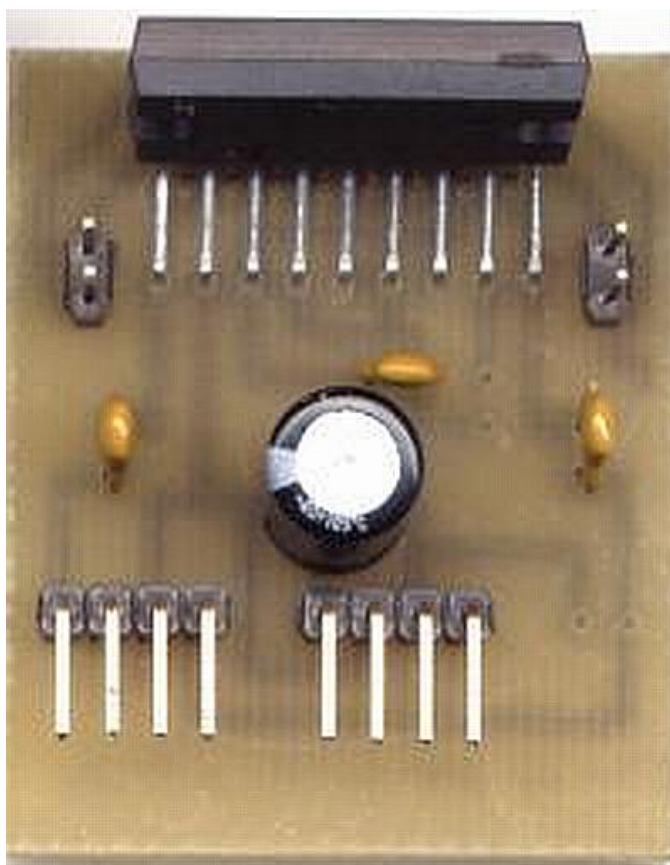
Рис.6.4. Двухкаскадный усилитель низкой частоты, напечатанный на стеклянном баллоне электронно-вакуумной лампы – двойного триода.

III. 1960 – наши дни – используются гибридные неразборные сборки – схемы, выполняющие заданную операцию, собранные из дискретных бескорпусных элементов L,C,R и полупроводниковых диодов и транзисторов, изготовленных на полупроводниковой подложке и залитые компаундом. Используется печатный монтаж.

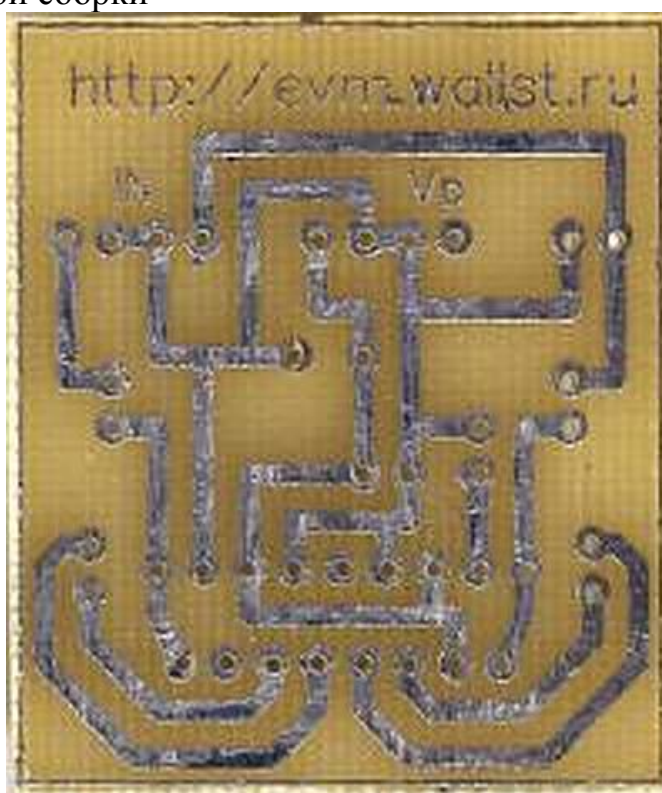
К концу 50-х годов XX века технология сборки радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) из дискретных элементов исчерпала свои возможности. Мир пришел к острейшему кризису РЭА, для его преодоления требовались радикальные меры. В СССР электронная промышленность выделяется в самостоятельную отрасль (Госкомитет по электронной технике – ГКЭТ, преобразованный затем в Минэлектронпром – МЭП).

К этому времени и в СССР, и за рубежом уже созрели предпосылки создания полупроводниковых и гибридных интегральных схем (ИС) — были промышленно освоены интегральные технологии производства как полупроводниковых приборов, так и толстопленочных и тонкопленочных керамических плат. Вопрос был лишь в том, кто первым начнет использовать их для изготовления многоэлементных изделий – ИС. Первыми оказались Д. Килби из Texas Instruments (TI) и Р. Нойс из Fairchild Semiconductor (США). В 1958 году они изготовили макеты ИС: Килби – на германии, Нойс – на кремнии.

В 1959 году группа молодых разработчиков конструкторского бюро Рижского завода полупроводниковых приборов (Карнов, Осокин, Пахомов) создала образцы германиевых ИС – логические элементы «2 ИЛИ-НЕ». К 1963 году была разработана первая технологическая линейка для изготовления бескорпусных ИС «Р12- 2». Три-четыре таких ИС помещали в металлический модуль и заливали компаундом. В середине 60-х годов их выпуск достиг 300 тысяч штук в год. Также в 1959 году работы по созданию германиевых ИС начались и в НИИ-35 (НИИ «Пульсар», Москва). В начале 1961 года в НИИ-35 был организован отдел ИС, который возглавил Б. В. Малин. Однако германий для ИС оказался не перспективен. Это быстро поняли и в TI, и в НИИ-35 и перешли на планарный кремний.



а) лицевая сторона печатной платы электронного устройства на основе гибридной сборки



б) обратная сторона печатной платы

Рис. 6.5. Устройство на основе гибридной сборки.

В августе 1961 г. группу молодых специалистов НИИ-35 (Б.В.Малин, В.А.Стружинский и А.Ф.Трутко) направили на стажировку в США для изучения планарной технологии. Примерно тогда же появились и гибридные ИС (ГИС). В СССР разработкой гибридной технологии занималось СКБ-2 ГКЭТ в Ленинграде.

В то время ИС и ГИС часто называли твердыми схемами. Причем специалисты прогнозировали, что наиболее интенсивно развиваться будут именно ГИС. Особые надежды возлагались на тонкопленочную технологию: на ее основе предполагали формировать и активные элементы — тонкопленочные диоды и транзисторы. Но прогнозы не оправдались, более перспективными оказались полупроводниковые ИС.

IV. 1965 – наши дни – используются интегральные полупроводниковые микросхемы – схемы, выполняющие ряд заданных операций, в которых дискретные бескорпусные элементы L,C,R и полупроводниковые диоды и транзисторы уменьшены настолько, что выполнены в теле самого полупроводника небольшого размера. Готовый кристалл помещен в металлический или пластмассовый неразборный корпус, снабжен электрическими выводами в количестве от 8 до 100, в зависимости от вида микросхемы. Используется печатный монтаж в производстве радиоаппаратуры. Электронная промышленность выпускает огромную номенклатуру микросхем самого широкого и, наоборот, узкоспециализированного, назначения. Например, это микросхемы логики для компьютеров, усилители различных сигналов разнообразных формы и частоты, аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи и многие другие. И, наконец, – это микропроцессоры – сердце любого компьютера. На рис.6.6 (а) показано устройство мультиметра, в котором использована одна микросхема аналого-цифрового преобразователя (АЦП) КР572ПВ5. Ниже, на рис.6.6 (б) показано устройство персонального компьютера, в котором использовано несколько микросхем и микропроцессор.



а) мультиметр с микросхемой KP572ПВ5



б) персональный компьютер

Рис.6.6. применение микросхем в отдельных устройствах (а) и микро-процессоров и микросхем в компьютере (б).

## **6.2. Базовые технологии полупроводникового производства**

При написании данной главы использовались сведения, полученные при изучении многочисленной литературы, часть из которой приведена в библиографическом списке [46–51]

### **6.2.1. Производство металлургического кремния**

По распространенности в земной коре кремний занимает второе место после кислорода, встречается главным образом в виде кислородных соединений (кварц, силикаты и т.д.).

В промышленности кремний технической чистоты получают, восстанавливая расплав  $\text{SiO}_2$  коксом при температуре около 1800 градусов Цельсия в руднотермических печах шахтного типа. Чистота полученного таким образом кремния может достигать 99,9 % (основные примеси — углерод, металлы).

Основным агрегатом для выплавки технического кремния является дуговая рудотермическая одно-трехфазная электропечь мощностью от 8 до 25 МВА. Печь представляет собой круглый стальной кожух с днищем, футерованные огнеупорной кладкой. Подина (днище) и часть высоты стен футеруются графитовыми блоками, следующий слой магнезитовым кирпичом и внешний слой – шамотом (пористый кирпич из специальной огнеупорной глины).

Подача энергии в рабочее пространство печи осуществляется с помощью электрода, выполненного из графита. Самоспекающиеся электроды в технологии кремния не применяются по причине возможного загрязнения продукта компонентами кожуха электрода и электродной массы (железо, кальций, алюминий). Электрические параметры восстановительного процесса обеспечиваются с помощью печного трансформатора, соединенного с электродом высокоамперной короткой сетью, в которой сила тока составляет 40-80 кА. По мере торцевого расхода электрода они периодически удлиняются с помощью механизмов перепуска. Регулировка заданной силы тока в электроде осуществляется путем перещипывания электрода по вертикальной оси.



Выпуск кремния осуществляется практически непрерывно через лётку (отверстие в футеровке) в стальную футерованную изложницу.

В печи с шунтированной дугой происходит восстановление кремния из кремнезёма кварцита углеродом восстановителя. Теоретическая температура начала процесса 1670 градусов Цельсия. К основным типам восстановителей относятся: древесный уголь (берёзовый, сосновый), нефтекокс, каменный уголь.

Из рудотермической печи, расплавленный кремний попадает в ковш из которого он переливается по формам.

Завод потребляет огромное количество электроэнергии для поддержания температуры в печи. Производство работает круглосуточно.

На заводе в качестве сырья для производства металлургического кремния применяется жильный кварц.

В формах металлический кремний охлаждается и застывает. После остывания кремний дробят на мелкие куски гидромолотом. Затем готовая продукция упаковывается в бигбэги – пластиковые мешки, вмещающие 1000 килограмм металлургического кремния и отправляется заказчикам.

На втором этапе путем гидрохлорирования кремния получают легколетучее вещество трихлорсилан, который затем очищают от большого количества примесей. 3-й этап - восстановление очищенного трихлорсилана и, в результате этого, получение поликристаллического кремния проводят в атмосфере водорода. Полученный в виде поликристаллических стержней кремний используют для кристаллизации из расплава.

### **6.2.2. Выращивание монокристаллов кремния.**

Потребность в искусственно выращенных кристаллах как германия, на первых порах становления полупроводниковой электроники, так и кристаллов кремния, обладающих высокой степенью чистоты возникла впервые во время второй мировой войны в связи с потребностями радиолокации. Оказалось, что высокочастотные кристаллические детекторы получают более эффективными только из особо чистого кремния. С изобретением биполяр-

ного транзистора, а впоследствии, с изобретением микросхем, потребность в высокочистом кремнии только возрастала, причем стало необходимым получать кристаллический кремний в виде цилиндрических слитков как можно большего диаметра и с высокой степенью однородности.

Искусственные монокристаллы кремния для полупроводниковой электроники получают в процессе следующих технологических этапов:

1. получение металлургического кремния;
2. превращение кремния в легко восстанавливаемое летучее соединение;
3. очистка и восстановление летучего соединения для производства поликристаллического кремния;
4. окончательная очистка кремния методом кристаллизации
5. выращивание легированных кристаллов

Метод кристаллизации из расплава был основан на технологиях, разработанных еще в 1917 году польским химиком Яном Чохральски (Jan Czochralski) [46]. Небольшой монокристалл кремния («затравка») (рис.6.7,а) подвешивается в тигле с расплавленным поликристаллическим кремнием (рис.6.7,в) и медленно вытягивается вверх, образуя длинный монокристалл. Идеолог концепции создания твердотельного усилителя и изобретатель транзистора Уильям Шокли назвал это достижение «самой важной научной разработкой в полупроводниковой сфере в первые годы».

В промышленности широко используется высокопроизводительное автоматизированное оборудование, обеспечивающее воспроизводимое получение монокристаллов диаметром до 200 – 300 мм. С увеличением загрузки и диаметра кристаллов стоимость их получения уменьшается. При использовании установок полунепрерывного выращивания производится дополнительная непрерывная или периодическая загрузка кремния в тигель без охлаждения печи. Это позволяет на десятки процентов снизить стоимость выращиваемых кристаллов. Кроме того, при этом можно проводить выращивание из расплавов небольшого и постоянного объема. Это облегчает регулирование и оптимизацию конвективных потоков в расплаве и устраняет сегрегационные

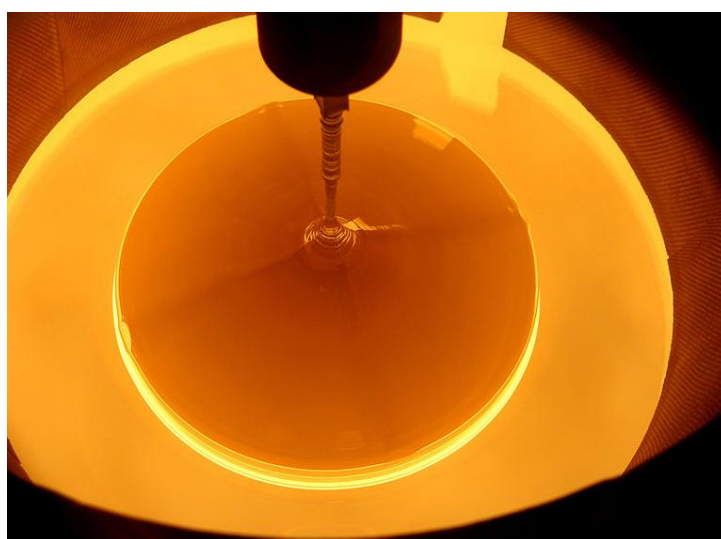
неоднородности кристалла, обусловленные изменением объема расплава в процессе его роста.



а) кварцевый тигель, заполненный дроблёным кремнием



б) круглый затравочный кристалл кремния



в) начальная стадия выращивания

Рис.6.7. Иллюстрации к описанию метода Чохральского.

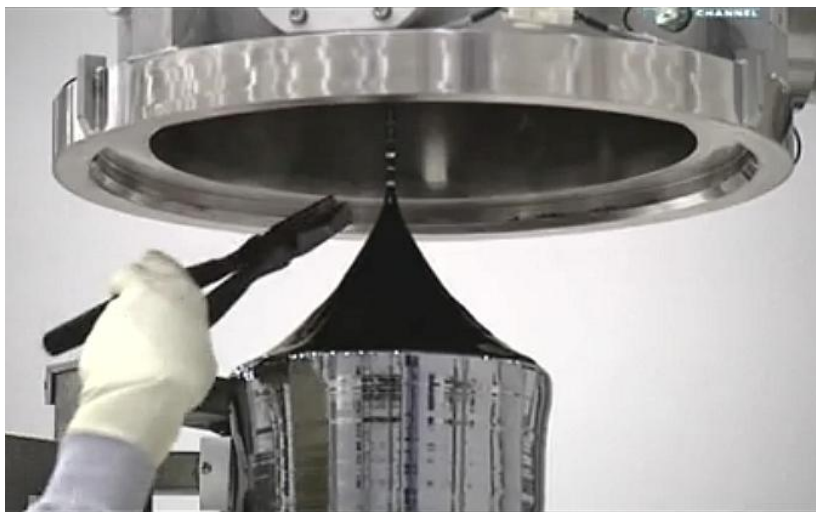


Рис.6.8. Метод Чохральского, спуск и извлечение выращенного кристалла

Используя технологию метода Чохральского технологи начали изготавливать тянутые p-n-переходы, добавляя крошечные навески (шарики) примесей в расплавленный кремний во время выращивания кристалла. Поочередно добавляют два шарика, первый с акцепторной примесью и второй – с донорной примесью. В результате создается n-p-n структура с тонким внутренним, базовым, слоем. В свое время такие «тянутые транзисторы» превзошли лучшие точечно-контактные транзисторы по производительности.

Но наиболее прогрессивной технологией производства высокочистого германия и кремния является технология зонной плавки (зонной очистки), которая приводит к ультрачистым образцам германия и кремния с числом примесей столь же малым как одна часть в десяти миллиардах. Такие образцы высокочистого полупроводника позволяют точно управлять n-областью и p-областью, добавляя небольшое количество примесей.

Зонная плавка – метод очистки твёрдых веществ, основанный на различной растворимости примесей в твердой и жидкой фазах. Метод является разновидностью направленной кристаллизации, от которой отличается тем, что в каждый момент времени расплавленной является некоторая небольшая часть образца. Такая расплавленная зона передвигается по образцу, что приводит к перераспределению примесей. Если примесь лучше растворяется в жидкой фазе, то она постепенно накапливается в расплавленной зоне, двигаясь вместе с ней. В результате примесь скапливается в одной части исходного образца. По сравнению с направленной кристаллизацией этот метод обладает большей эффективностью. В настоящее время метод используется для очистки более 1500 веществ.

Эта технология не работала для кремния, потому что кремний имеет более высокую температуру плавления (1415°C против 937°C для германия) и взаимодействует почти со всеми другими материалами. Для кремния технологию модифицировали и она получила название зонной очистки с плавающей зоной. Этот метод особенно подходит для очистки кремния.

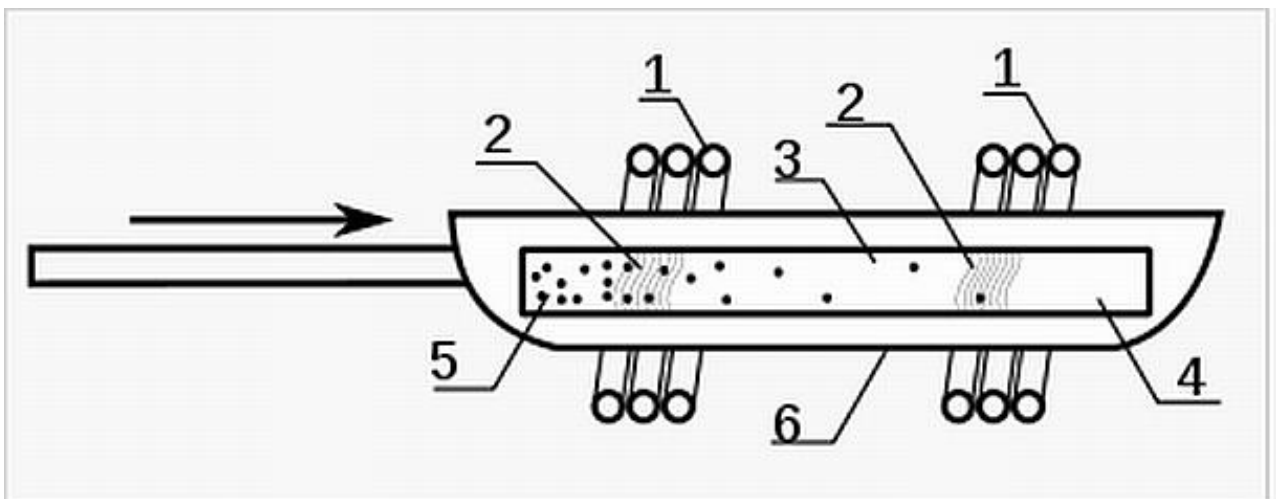


Схема устройства для зонной плавки германия: 1 — индукционные катушки; 2 — расплавленные зоны; 3 — очищенный германий; 4 — сверхчистый германий; 5 — германий с повышенным содержанием примесей; 6 — графитовая лодочка;

Рис. 6.9. Схема метода зонной плавки

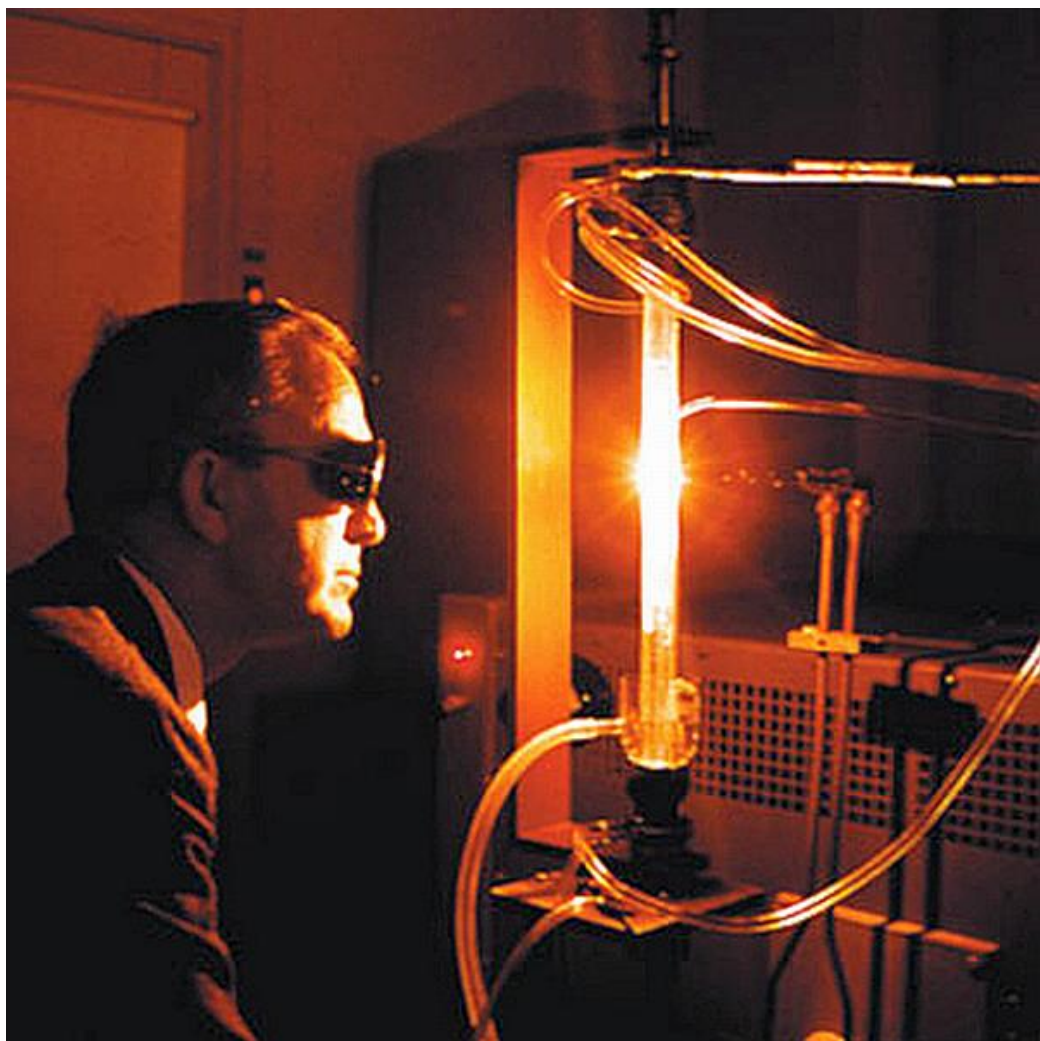


Рис. 6.10. Схема метода зонной очистки с плавающей зоной

Установка представляет собой вакуумную камеру с закрепленным в ней вертикально кремниевым стержнем, окруженным витком из медной трубки. Медный виток служит нагревательным индуктором и токами высокой частоты расплавляет узкую поперечную зону стержня. Нагревательный виток можно перемещать вверх по стержню либо, при неподвижном витке, перемещать слиток. В обоих случаях расплавленная зона тоже перемещается и переносит оказавшиеся в ней примеси. Метод позволял получать кремний с уровнем примесей ниже одной части на миллиард.

### 6.2.3. Кристаллографическая ориентация и резка кристаллов

Кристаллическое вещество представляет собой сплошную упорядоченную структуру (монокристалл) либо состоит из большого числа мелких монокристаллов, различно ориентированных в пространстве (поликристалл).

Кристаллические вещества анизотропны, т.е. их свойства зависят от кристаллографического направления.

Для описания закономерности строения кристаллов необходимо задание направления (прямой). Для задания направления в кристалле достаточно задать координаты любого атома тройкой целых чисел, заключенных в скобки  $(x,y,z)$ . Если плоскость параллельна какой-либо из координатных осей, то индекс, соответствующей этой оси равен нулю. Основные кристаллографические плоскости кубической решетки показаны на рисунке 6.11.

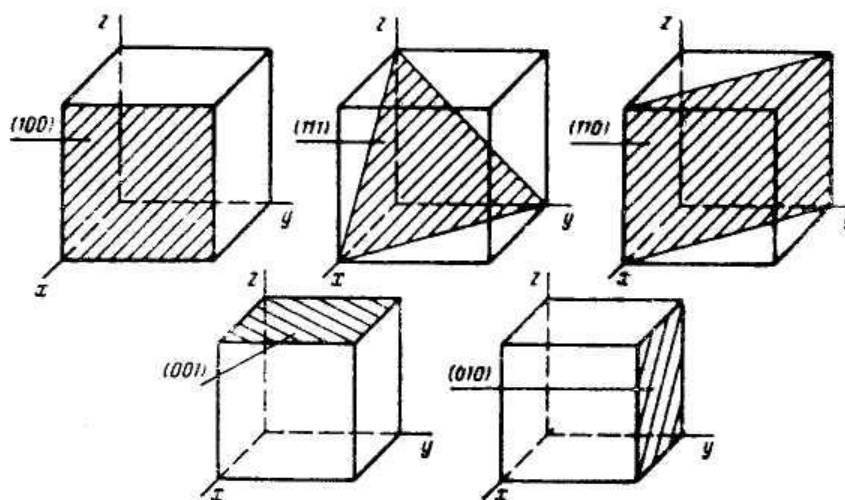


Рис.6.11. Основные кристаллографические плоскости кубической решетки



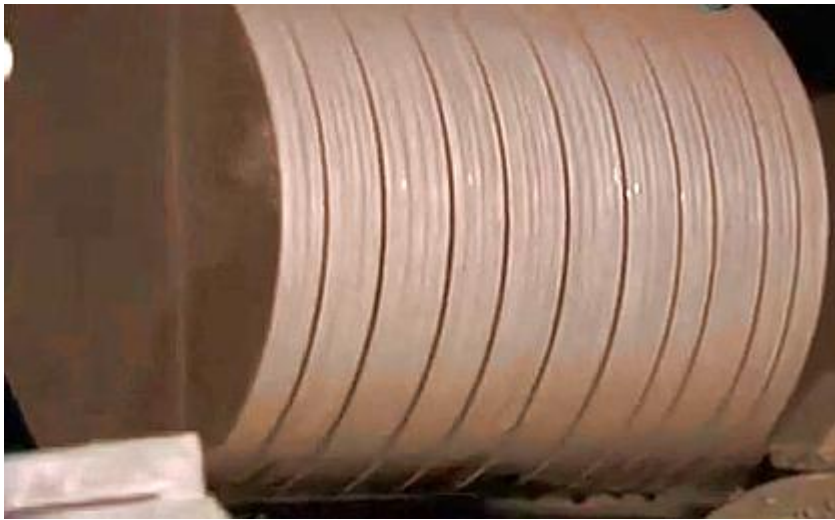
Кремний и германий представляют собой кристаллы с регулярной структурой. Кристаллическая решетка кремния и германия называется тетраэдрической или решеткой типа алмаза. Основу решетки составляет тетраэдр – пространственная фигура, имеющая четыре треугольные грани. В вершинах тетраэдра и в его центре расположены атомы. Центральный атом находится на одинаковом расстоянии от четырех других, находящихся в вершинах. А каждый атом, расположенный в вершине, в свою очередь, является центральным для других четырех ближайших атомов.

При рассмотрении физических процессов в полупроводниковых материалах удобнее пользоваться плоским эквивалентом тетраэдрической решетки (рис. 2.3). Все атомы (большие шарики) находятся в парноэлектронной, ковалентной или просто валентной связи. Парноэлектронные связи (линии на рисунке) образуются валентными электронами (на рисунке — маленькие шарики) при сближении атомов. Так располагаются атомы чистых четырехвалентных элементов, в том числе Ge и Si, при очень низкой температуре.

Для того, чтобы пластины, нарезанные из слитка кристалла имели плоскость, ориентированную по определенному кристаллографическому направлению, производят кристаллографическую ориентацию слитка. Для этого используют методы рентгеновского просвечивания кристалла.

После ориентации кристалла на его цилиндрической поверхности делается плоский шлиф вдоль всей продольной оси кристалла, причем плоскость шлифа параллельна заданному кристаллографическому направлению. После этого каждая, вырезанная из кристалла, пластина будет иметь такой плоский шлиф, четко показывающий ориентацию пластины.

После кристаллографической ориентации слитка его закрепляют в специальном станке для резки на пластины. Для этих целей используются станки с алмазными режущими дисками или проволочно-абразивные установки для групповой резки пластин. При этом весь слиток омывается охлаждающей жидкостью (рис.6.13,а). Толщина пластин составляет  $2/3$  миллиметра.



а) резка слитка на пластины



б) шлифовка пластин абразивными порошками



в) полировка пластин с помощью химических реагентов.

Рис.6.13. Механическая обработка пластин кремния.

После нарезки на поверхности пластин остаются микродефекты. Чтобы удалить эти дефекты пластины шлифуют абразивными порошками с различной степенью дисперсности микрочастиц (рис.6.13,б). В отечественной промышленности эти порошки маркируются как М20, М10, М5, где цифра обозначает размер микрочастицы в микронах. Зернистость микропорошков и тонких микропорошков означает наибольший размер зерна в микронах. Например М10 – от 10мкм до 7мкм; М1 – до 1мкм.

После механической шлифовки применяют химико-динамическое полирование пластин с помощью «шлифовки» с применением химических реагентов (рис.6.13,в). Когда пластины отполированы до оптического блеска из них можно изготавливать дискретные полупроводниковые приборы (диоды и транзисторы) и микросхемы.

#### **6.2.4. Способы изготовления электрических контактов.**

Быстрый рост микроэлектроники потребовал разработки большого числа принципиально новых полупроводниковых приборов, интегральных и гибридных микросхем на основе непрерывного совершенствования технологии их изготовления и прежде всего новых способов получения контактов между полупроводниковыми кристаллами и металлическими пленками и проводниками. Электрические контакты разделяют на два класса: *выпрямляющие и невыпрямляющие, или омические.*

Омический контакт должен обладать минимальным сопротивлением. Иначе его сопротивление в приборах может заметно снизить отношение обратного сопротивления к прямому, что приведет к уменьшению коэффициента полезного действия (КПД) прибора.

Некоторое повышение сопротивления на границе раздела металл-полупроводник неизбежно, так как процесс получения контакта связан с образованием сложных металлических фаз, сопротивление которых всегда выше сопротивления чистых компонентов, входящих в их состав, что связано с

дополнительным появлением дефектов кристаллической решетки и образованием парноэлектронных и химических связей.

Согласно теории запорного слоя, разработанной Шотки и Мотом [47], в зоне контакта металл-полупроводник может возникать выпрямляющий эффект. Во избежание появления этого эффекта значительное внимание необходимо уделять выбору контактирующих материалов. В случае электронной проводимости металлический проводник следует выбирать с работой выхода меньшей, чем у полупроводника, а в случае дырочной проводимости – с большей.

К сожалению, данных о связи между работой выхода металла контакта и его выпрямляющим действием для специально обработанных поверхностей полупроводниковых кристаллов кремния и германия нет. Известно, что выпрямление в зоне контакта металл-полупроводник в значительной мере может изменяться от условий обработки поверхности полупроводника и от способа получения контакта.

Для получения невыпрямляющего контакта поверхность полупроводника перед сваркой должна быть шлифована таким образом, чтобы обеспечить наиболее тонкий слой нарушенной структуры. Согласно имеющимся сведениям, искажение структуры даже в самом тонком слое может заметно снизить механические свойства полупроводникового кристалла. Однако более совершенный способ еще не разработан.

Необходимо также учитывать, что дефекты в поверхностном слое полупроводникового кристалла могут не только вызывать ускорение процессов поверхностной или граничной диффузии в зоне контакта, но и существенно влиять на процессы диффузии примесей вглубь кристалла по дислокациям и микротрещинам, которые могут служить диффузионными каналами.

Существует ряд способов получения омического контакта между металлическими проводниками и полупроводниковыми кристаллами, которые применяют в зависимости от назначения и требований, предъявляемых к полупроводниковому прибору.

По способу получения контакты могут быть: прижимные, полученные путем механического прижатия проводника к полупроводниковому кристаллу; паяные; вплавные; контакты, полученные с помощью паст и амальгам, нанесения покрытий (напыление в вакууме, химическое или электролитическое осаждение металла на полупроводниковый кристалл), контакт-толов (электропроводных клеев), комбинации нескольких способов (например, осаждение в сочетании с пайкой).

Более распространенный способ получения контакта металл-полупроводник осуществляют с помощью нанесения тонкой металлической пленки на поверхность полупроводника. Технология нанесения таких пленок разработана достаточно хорошо и не вызывает каких-либо трудностей.

Нанесение пленок является лишь промежуточным технологическим циклом при создании прибора, так как в дальнейшем необходимо еще обеспечить присоединение металлических проводников к металлизированным поверхностям.

Для приборов с точечным контактом применяют метод вплавления, обеспечивающий одновременно создание запорного слоя и наличие металлического вывода из зоны перехода. Вплавление осуществляется с помощью специальных кассет, в которые укладывают полупроводниковые кристаллы и контактирующие с ними выводы, например кристаллы кремния и алюминиевые проводники. Всю систему помещают в печь с инертной атмосферой и нагревают до температуры, несколько превышающей температуру образования эвтектики контактирующих материалов. Спустя некоторое время, обеспечивающее заданную глубину проплавления, получают электронно-дырочный переход, после чего печь охлаждают. Длительность цикла охлаждения обычно выбирают такую, чтобы обеспечивались условия равновесия, что гарантирует высокое качество соединения.

Контакты, выполненные перечисленными способами, плохо работают при знакопеременных тепловых и механических нагрузках. Применение сварки при их изготовлении позволяет широко использовать элементы авто-

матизации, что резко повышает надежность полученных контактов при высокой производительности. Очевидно, поэтому появилась тенденция использовать сварку в качестве ведущего технологического процесса при изготовлении полупроводниковых приборов.

Способы сварки, применяемые для получения контактов между металлическими проводниками и полупроводниковыми кристаллами, развивались в двух направлениях: с образованием эвтектики между металлом и полупроводниковым материалом и с образованием соединения при температурах ниже температуры образования эвтектики.

Выбор способа получения соединения с помощью эвтектики обусловлен стремлением избежать высоких давлений и высоких температур в процессе присоединения металлических проводников к полупроводниковым кристаллам кремния. Этот способ заключается в следующем: соединяемые материалы, собранные в приспособлении, помещают в специальные печи и нагревают до температуры образования слоя эвтектической жидкости между ними, затем медленно охлаждают. Такой процесс известен как «реактивная пайка».

Достоинством этого способа является образование эвтектических смесей при сравнительно низких температурах плавления. При этом материалы свариваемых изделий полностью сохраняют после сварки свои исходные физико-химические свойства.

В работах по теории термокомпрессионной сварки всегда подчеркивался вывод о неприменимости способа реактивной пайки для получения соединения между полупроводниковыми материалами и металлами. Однако проведенные исследования показали, что тогда, когда можно контролировать процесс образования эвтектической фазы, способ реактивной пайки может быть применен для этой цели. Способ соединения полупроводника с металлом с помощью эвтектики при условии строгого контроля над процессом образования жидкой фазы получил название сварки-пайки или микросварки давлением.

Тем не менее появилась необходимость разработать технологию, включающую нагрев свариваемых деталей до температур образования эвтектики в зоне контакта. Естественно предположить, что наиболее приемлемой для этих целей была бы холодная сварка. Однако этот способ сварки сопровождается взаимным течением контактирующих поверхностей и неприменим для непластичных материалов, к которым относится большинство полупроводниковых кристаллов. Холодная сварка неприменима и для тонких металлических пленок. Если учесть, что деформация полупроводниковых кристаллов, приводящая к образованию в них значительного числа дислокаций и других дефектов кристаллической структуры, недопустима, то можно предположить, что и другие способы сварки, сопровождающиеся повышенным давлением и нагревом кремния до пластичного состояния материалов, не могут быть применены.

В результате многочисленных исследований термокомпрессионная сварка, являющаяся по существу сваркой давлением в сочетании с нагревом до температур ниже температуры образования эвтектического состава, широко применяется для получения омического контакта между полупроводниковыми кристаллами и проводниками, в частности между кремнием и золотом.

Термокомпрессионная сварка позволяет присоединять к поверхности многих полупроводниковых кристаллов любые металлы. Качество сварного соединения зависит от величины давления на пуансон, времени выдержки и температуры процесса. Время сварки колеблется от нескольких секунд до нескольких минут.

Обязательным условием термокомпрессионной сварки является по возможности минимальная (10—30%) деформация металлического проводника, что объясняется стремлением не допустить образования в полупроводнике значительного количества дефектов и заметного уменьшения диаметра золотой проволоки в результате давления, что может привести к резкому

снижению ее механических свойств. Процесс термокомпрессионной сварки можно осуществлять как на воздухе, так и в контролируемой среде.

Наилучшие результаты получены в формирующем газе и в среде сухого водорода. Для осуществления процесса термокомпрессионной сварки не нужны флюсы. Процесс может протекать при сравнительно низких температурах и малой деформации свариваемых материалов. Все это делает термокомпрессионную сварку наиболее перспективным методом получения контактов. Однако сравнительно большая продолжительность процесса сварки, высокая чувствительность к режиму, а также к форме и качеству подготовки соединяемых поверхностей обусловили необходимость его совершенствования.

Для приборов, работающих в условиях повышения температур, следует применять контактирующие пары, не образующие интерметаллических соединений. В этом случае для выводов используются алюминиевые проводники, а золотые проводники рекомендуется применять в случае присоединения их либо к золоченой поверхности, либо непосредственно к полупроводниковым кристаллам при температурах ниже образования эвтектики.

Хорошие результаты были получены при сварке проволочных золотых и серебряных выводов с полупроводниковыми кристаллами фосфида галлия.

К более производительным методам сварки можно отнести метод сварки с исчезающей прокладкой, разработанный в Институте электросварки им Е.О. Патона АН УССР, который основан на том, что между деталями помещают тонкую прокладку, образующую при сварке твердые растворы со свариваемыми материалами. При нагреве и повышении давления прокладка растворяется, т.е. происходит взаимная диффузия атомов прокладки и атомов свариваемых материалов. В результате между контактирующими поверхностями образуется прочное соединение.

Нагрев до высоких температур, составляющих 0,8 Тпл, необходимость применения вакуума и низкая производительность процесса пока не позволяют использовать диффузионную сварку в промышленном масштабе для



получения контактов между полупроводниковыми кристаллами и металлическими проводникам.

Следует констатировать, что термокомпрессионная сварка является в настоящее время основным методом получения соединений в микроэлектронике.

Этот способ сварки можно с успехом применять при монтаже интегральных и гибридных микросхем. Он находит широкое применение при монтаже схем, не допускающих общего разогрева. Особенно широко этот способ применяется при выполнении внутрисхемных соединений тонкими проводниками в гибридных схемах и монтаже навесных элементов, имеющих гибкие выводы.

Преимуществами термокомпрессионной микросварки являются: возможность сварки прецизионных элементов с минимальной толщиной до 5 мкм, относительно невысокая температура процесса, нечувствительность к небольшим изменениям параметров режима сварки (до  $\pm 10\%$ ), возможность групповой технологии соединения.

Основными недостатками метода можно считать небольшое количество хорошо свариваемых материалов, ограничение толщин свариваемых элементов (обычно не толще 0,13 мм), сильную зависимость качества соединений от состояния поверхности и невозможность сварки проводов в изоляции.

Область применения термокомпрессионной сварки широка: она является основным методом присоединения выводов к полупроводниковым пластинкам, используется для присоединения проволочных проводников к напыленным контактными площадкам микросхем и т.п.

#### **6.2.5. Фотолитография. Изготовление микросхем.**

Нанесение рисунка микросхемы на пластину осуществляется с помощью процесса фотолитографии. Сначала пластины покрываются светочувствительными химическими реактивами, которые застывают под воздействием ультрафиолета. Это так называемый фоторезист. В герметичных темных помещениях ультрафиолет проходит через изображение фотошаблона с рисун-

ком топологии микросхемы, затем через уменьшающие линзы и попадает на покрытую фоторезистом пластину. Когда засвеченный фоторезист смывается изображение остается почти как при проявке фотографии.

Чтобы разместить на пластине все компоненты их добавляют слой за слоем. Для полного завершения процесса пластины в контейнерах проходят до сорока циклов и операции фотолитографии повторяются над каждым новым слоем.

Некоторые слои нагреваются (термодиффузия легирующих примесей), на некоторые воздействуют ионизированной плазмой (плазменная очистка, обычно перед напылением металлов), некоторые слои покрываются металлами. Каждый тип обработки изменяет свойства слоя и медленно создает модель микросхемы. На готовых листах кремниевых пластин размещается до тысячи микрочипов и более четырех миллиардов компонентов микросхемы.

Заключительной процедурой является резка пластин на отдельные чипы и упаковка их в корпуса. Резка осуществляется разными способами. Это может быть резка алмазными кругами, механическое скрайбирование, но самым современным способом является лазерная резка.

#### **6.2.6. Технологическое оборудование полупроводникового производства**

Оборудование для проведения диффузии легирующих примесей в полупроводник называется диффузионными печами.

Диффузия примесей играет важнейшую роль в планарной технологии изготовления кремниевых приборов и используется для легирования полупроводниковых пластин с целью создания р-п-переходов планарных структур. Диффузия – то обусловленное тепловым воздействием перемещение частиц в направлении убывания их концентрации. Скорость диффузии зависит от градиента концентрации атомов примеси: чем он больше, тем интенсивнее перемещение атомов. Применение диффузии в потоке газа – носителя в сочетании с маскированием, фотолитографией, эпитаксией, ионным легированием позволяет создавать сложные интегральные приборы, мик-

ропроцессоры и микросборки. Для осуществления диффузии используются источники примеси в газообразном, жидком или твердом состоянии, которые располагаются вблизи границ полупроводника. Пластина полупроводника нагревается и выдерживается при высокой температуре. На определенной глубине создается желаемое распределение атомов примеси, причем тип проводимости исходного полупроводника меняется на этой глубине на противоположный. Предполагается три основных механизма диффузии: диффузия по вакансиям, диффузия по междоузлиям, обменная диффузия (взаимный обмен местами). Для легирования кремния используются, в основном, элементы третьей и пятой групп периодической таблицы Менделеева. В этом случае диффузия идет по вакансиям. Атомы этих групп, находясь в решетке кремния, занимают места в узлах кристаллической решетки, образуя твердые растворы замещения. Суть этого механизма состоит в следующем: при высоких температурах (900 – 1200 °С) в кремнии резко увеличивается количество вакансий (пустых, не занятых узлов решетки), которые могут перемещаться по кристаллу, оказываясь рядом с атомами примеси. В этом случае атом примеси может перейти на место вакансии, преодолев сравнительно небольшой энергетический барьер, и передвинуться по решетке в направлении убывания концентрации примеси. Диффузия в кремний атомов элементов из других групп периодической таблицы большей частью идет по междоузлиям, т.е. образуются твердые растворы внедрения. Вероятность перехода атомов примеси из одного междоузлия в соседнее намного выше вероятности перехода атома из одного узла в соседний. Поэтому диффузия их происходит существенно быстрее, чем диффузия атомов элементов третьей и пятой групп. Однако в междоузельном пространстве может разместиться значительно меньше атомов, чем в вакансиях, что обуславливает малую растворимость примеси. Поэтому можно полагать, что в кремнии элементы третьей группы лучше растворимы, чем элементы, например, второй группы. Это необходимо учитывать при проведении процессов диффузии в реальных условиях.



а) диффузионная печь



б) напылительная установка УВН-2М1



в) участок изготовления полупроводниковых приборов в НИИПП

Рис.6.14. Примеры полупроводникового технологического оборудования

Оборудование для изготовления электрических контактов с помощью нанесения пленки металла и для нанесения металлических и диэлектрических покрытий называется напылительными установками. Любая такая установка имеет в своем составе технологический объем, из которого выкачан воздух с помощью вакуумных насосов: форвакуумного механического насоса – до невысокого вакуума  $10^{-3}$  мм рт. ст. и высоковакуумного (паромасляного или магнетострикционного) – до значений  $10^{-6}$  –  $10^{-7}$  мм рт. ст., в более редких случаях – до  $10^{-8}$  мм рт. ст. (рис.6.14, б). Вакуумный объем ограничивается от атмосферы металлическим или стеклянным колпаком внутри которого размещается подколпачное устройство – система позиций напыления, их механических экранов, держателей, манипуляторов и т.п. Распространены следующие способы напыления: термическое (самый старый, известный и широкоприменяемый способ), магнетронное, электронно-лучевое, лазерное.

Термический метод заключается в конденсации материала из молекулярных и атомарных пучков. Пучки создаются в результате резистивного, электронно-лучевого или лазерного нагрева напыляемого материала. В литературе эти методы часто называют методами осаждения из паровой фазы и методами молекулярных пучков. Атомы, молекулы и микрокапельная фаза, испаряясь изотропно, разлетаются над разогретой поверхностью распыляемой мишени, и часть из них конденсируется на поверхности детали, образуя покрытие. Процесс имеет тепловую природу. Энергия конденсирующихся частиц не превышает 0,3 эВ, а ионизация частиц практически отсутствует. Основными недостатками метода являются низкая и нерегулярная энергия конденсирующихся частиц, что обычно приводит к получению покрытий с низкой прочностью сцепления конденсата с поверхностью основы. Структура и физико-механические свойства покрытия зависят от температуры основы, скорости конденсации пара (степени пресыщения) и степени вакуума.

Термические методы широко применяются для получения технологических (неконструкционных) покрытий в оптической и электронной промышленности.

## Литература

1. Mapping the global future. Global trends 2020 ( December, 2004) [Электронный ресурс] // URL: <http://www.foia.cia.gov/2020/2020.pdf> (дата обращения: 01.11.2011).
2. Федеральный портал protown.ru [Электронный ресурс] // URL: <http://protown.ru/> (дата обращения: 01.11.2011).
3. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу (Проект от 18.12.2008 г.) [Электронный ресурс] // URL: <http://mon.gov.ru/work/nti/dok/str/08.12.18-prog.ntr.pdf>
4. Долгосрочный прогноз научно-технологического развития Российской Федерации (до 2025 года) [Электронный ресурс] // URL: <http://protown.ru/information/doc/4295.html> (дата обращения: 01.11.2011).
5. М.Портер. Международная конкуренция: Конкурентные преимущества стран. – М.: Международные отношения, 1993. – 896 с.
6. Индикаторы науки: 2007. Статистический сборник. – М.: Издательство НИУ-ВШЭ, 2007.–344 с.
7. Гохберг Л.М. Статистика науки. М.: ТЕИС, 2003, 480 с.
8. Индикаторы инновационной деятельности: 2008. Статистический сборник. – М.: НИУ – ВШЭ, 2008.
9. Глазьев С.Ю. Стратегия опережающего развития России в условиях глобального кризиса / С.Ю. Глазьев. – М.: Экономика, 2010. – 255 с.
10. География. Современная иллюстрированная энциклопедия. М.: Росмэн–Пресс. Под редакцией проф. А. П. Горкина. 2006. – 624 с.
11. Алисов Б. П. Климатические области зарубежных стран. М., 1950
12. Географические карты мира на русском языке в хорошем качестве. [Электронный ресурс] .– URL: <http://big-map.ru/> (дата обращения: 06.10.2011).

13. Ж.Э. Реклю. Земля и люди. Всеобщая география. С.–Петербург. Под редакцией С.П. Зыкова, в 19-ти томах, 1897.
14. Экология. Военная экология: Учебник для высших учебных заведений Министерства обороны Российской Федерации /Под общ. ред. В. И. Исакова. – Изд. 2, перераб. и доп. –М. – Смоленск: ИД Камертон – Маджента, 2006. – 724 с.
15. Атлас «Окружающая Среда и здоровье населения России». М.: ПАИМС, 1995. – 78 с.
16. А.М. Шепелев. Как построить сельский дом. М.: Россельхозиздат, 1980. – 351 с.
17. СНиП 2.02.04-88 Основания и фундаменты на вечномерзлых грунтах. – 1990. – 57 с.
18. Глубина промерзания грунта. [Электронный ресурс]: Частное строительство.– URL: <http://stroiprofsite.ru/23-glubina-promerzaniya-grunta.html> (дата обращения: 09.10.2011).
19. Почему в России невыгодно собирать автомобили. [Электронный ресурс]: Ведомости, газета, он-лайн. – URL: [http://www.vedomosti.ru/companies/news/1446763/dorogaya\\_rossiya](http://www.vedomosti.ru/companies/news/1446763/dorogaya_rossiya) (дата обращения: 08.12.2011).
20. Инновационный паспорт Томской области. Томск: Издательский дом «Немига». – 2008 г. – 60 с.
21. Инновационный паспорт региона (Томская область) [Электронный ресурс] URL: [http://innovus.biz/ru/innovation\\_passport/innovation\\_passport-passport](http://innovus.biz/ru/innovation_passport/innovation_passport-passport) (дата обращения 01.10.2011).
22. Проект «ИНО Томск 2020» [Электронный ресурс]: Томский инновационный форум URL: <http://innovus.biz/media/uploads/resources/ino-tomsk-presentation.pdf> (дата обращения 12.10.2011).

23. Концепция «ИНО Томск-2020» утверждена. [Электронный ресурс]: газета «Ваши личные финансы» URL: <http://vlfm.ru/posts/kontseptsiya-ino-tomsk-2020-utverjdena.html>
24. М. Мескон. Основы менеджмента // М. Мескон, М. Альберт, Ф. Хедоури. М.: Вильямс .– 2011 г.– 672 с.
25. Руссо Ж.Ж. Об общественном договоре. Трактаты / Пер. с фр. - М.: КАНОН-пресс.– 1998. – 416 с.
26. Rescher N. Scientific progress. A philosophical essay on economics of research in natural science. Oxford, 1978. Цитируется по: Авдулов А.Н. Современный этап интеграции науки и производства // Вопросы экономики. – 2006. – с. 56-70.
27. И. М. Беспрозванный. Основы теории резания металлов. М.: Машгиз .– 1948.– 394 с.
28. Русские учёные - основоположники науки о резании металлов: И.А.Тиме, К.А.Зворыкин, Я.Г.Усачёв, А.Н. Челюсткин. Жизнь, деятельность и избранные труды. М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы.–1952.–480 с.
29. А.А. Аваков. Физические основы теорий стойкости режущих инструментов.- М.: Машгиз, 1960 .– 124 с.
30. Развитие науки о резании металлов. Коллектив авторов. – М.: Машиностроение .– 1967 .– 416 с.
31. М.М. Хрущов, В.А.Бобровский. Электрические явления при трении и резании металлов .– М.: Наука .– 1969.– 118 с.
32. В.А. Брюхов, Э.Н. Павлов. Расчет режимов резания и нормирования с помощью ЭВМ .– М.: Машиностроение, 1969. – 156 с.
33. Большая советская энциклопедия. В 30 томах (комплект из 31 книги). – М.: Советская энциклопедия. 1969.– 1978.
34. О.В. Роман, А.А. Левенцов, И.Ф. Шелковский. Обработка металлов резанием и станки. Минск: Высшая школа. – 1970 г .– 312 с.



35. В. А. Струк, Л. С. Пинчук, Н. К. Мышкин, В. А. Гольдаде, П. А. Витязь. Материаловедение в машиностроении и промышленных технологиях: учебно-справочное руководство. М.: Интеллект .– 2010 .– 536 с.
36. А.Л. Вишницкий, И.З. Ясногородский, И.П. Григорчук. . – 3-е изд . – Л. : Машиностроение, 1971 . – 211 с.
37. Ю.П. Черепанов, Б.И. Самецкий Электрохимическая обработка в машиностроении. М.: Машиностроение, 1972г. – 117 с/
38. Л.Я. Попилов. Новое в электрофизической и электрохимической обработке материалов, Л.: Машиностроение, 1972.–360 с.
39. В.Я. Панченко. Лазерные технологии обработки материалов: современные проблемы фундаментальных исследований и прикладных разработок. М.: Физматлит, 2009 .– 664 с.
40. А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, А.И. Мисюров. Технологические процессы лазерной обработки./Под ред. А.Г.Григорьянца. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 644 с.
41. И.Суминов, П.Белкин, А.Эпельфельд. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. В 2-х томах.– М.: Техносфера, 2011 .– 512 с.
42. И.С. Куликов. Электролитно-плазменная обработка материалов .– М.: Ставропольский государственный педагогический институт.–2010.– 232 с.
43. Д. Абрамсон. Получение плотнопристающего металлического покрытия на изоляционных основаниях // Промышленность органической химии.– 1940.– т. VII.– № 11.
44. С.М. Плахотник Технология производства радиоаппаратуры/С. М. Плахотник. - Москва : Госэнергоиздат, 1949. -228 с.
45. Е. А.Левитин. Новое в изготовлении радиоаппаратуры. Массовая радиобиблиотека, выпуск 139, М.: Госэнергоиздат .– 70 с.

46. J. Czochralski. Ein neues Verfahren zur Messung der Kristallisationsgeschwindigkeit der Metalle/ Zeitschrift für Physikalische Chemie.–1917.–Vol. 92.– p. 219.
47. В.И. Гаман Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с.
48. Коледов Л. А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. Учебник. М.: Радио и связь, 1989. –400с.
49. Парфенов О. Д. Технология микросхем. М.: Высш. школа, 1986.– 320с.
50. . С. Зи. С. Технология СБИС в 2-х книгах. М.: Мир, 1986.– 453с.
51. Д. Ферри, Л. Эйкерс, Э. Гринич. Технология ультрабольших интегральных схем. М.: Мир, 1991.– 327с.