



Книги, публикуемые в серии «Мир радиоэлектроники», содержат актуальную научную и технологическую информацию и, несомненно, будут полезны специалистам радиоэлектронного комплекса при реализации документов стратегического планирования и отраслевых программ развития.

*Заместитель министра промышленности
и торговли Российской Федерации В.В. Шмак*



ТЕХНОСФЕРА
РЕКЛАМНО-ИЗДАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ СЕРИИ КНИГ
«МИР РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**

Шпак Василий Викторович, заместитель министра промышленности и торговли РФ – председатель редсовета, к.э.н.

Члены совета:

Авдонин Борис Николаевич, советник директора ФГУП «ГосНИИАС», д.э.н., профессор, заслуженный экономист РФ, г. Москва

Акопян Иосиф Григорьевич, научный руководитель АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», д.т.н., профессор, г. Москва

Анцев Георгий Владимирович, ген. директор – ген. конструктор АО «НПП «Радар ммс», к.т.н., г. Санкт-Петербург

Беккиев Азрет Юсупович, первый заместитель ген. директора холдинговой компании «Росэлектроника», профессор, чл.-корр. РАН, г. Воронеж

Борисов Юрий Иванович, генеральный директор Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос», д.т.н., г. Москва

Букашкин Сергей Анатольевич, АО «Концерн «Автоматика», д.т.н., профессор, г. Москва

Бушуев Николай Александрович, советник ген. директора АО «НПП «Алмаз», к.ф.-м.н., д.э.н., профессор, г. Саратов

Верба Владимир Степанович, ген. конструктор АО «Концерн «Вега», профессор, чл.-корр. РАН, г. Москва

Верник Петр Аркадьевич, директор АНО «Институт стратегий развития», г. Москва

Вилкова Надежда Николаевна, ген. директор ЗАО «МНИТИ», к.т.н., д.э.н., профессор, г. Москва

Гуляев Юрий Васильевич, научный руководитель ФГБУН ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, академик РАН, г. Москва

Зверев Андрей Владимирович, член правления ООО «СоюзМаш России», к.э.н., г. Москва

Козлов Геннадий Викторович, заместитель руководителя аппарата генерального директора-руководитель секретариата АО «Концерн ВКО «Алмаз-Антей», д.т.н., профессор, г. Москва

Красников Геннадий Яковлевич, президент РАН, академик РАН, г. Москва

Критенко Михаил Иванович, руководитель проектов высшей категории радиоэлектронного комплекса госкорпорации «Ростех», к.т.н., г. Москва

Мальцев Петр Павлович, главный научный сотрудник ИСВЧПЭ РАН, д.т.н., профессор, г. Москва

Попов Владимир Васильевич, президент ПАО «Светлана», к.т.н., г. Санкт-Петербург

Сигов Александр Сергеевич, академик РАН, президент РТУ МИРЭА, г. Москва

Турилов Валерий Александрович, АО «КНИИТМУ», к.т.н., доцент, г. Калуга

Хохлов Сергей Владимирович, ген. директор ФГУП «ГосНИИАС», г. Москва

Чаплыгин Юрий Александрович, президент Национального исследовательского университета «МИЭТ», академик РАН, г. Москва, г. Зеленоград

Шахнович Илья Владимирович, главный конструктор ООО «НИИИТ», г. Москва

Шубарев Валерий Антонович, ОАО «Авангард», д.т.н., профессор, г. Санкт-Петербург

Якунин Александр Сергеевич, председатель совета директоров АО «Российские космические системы», член бюро правления ООО «СоюзМаш России», д-р социол. наук, г. Москва



МИР радиоэлектроники

В.В. Шпак

Развитие электронной
промышленности России
в условиях меняющегося мира

ТЕХНОСФЕРА
Москва
2024

Рецензенты:

Глазьев Сергей Юрьевич – академик РАН, иностранный член НАН Беларуси, д.э.н., профессор, руководитель кафедры теории и методологии государственного и муниципального управления факультета государственного управления МГУ им. М.В. Ломоносова

Клейнер Георгий Борисович – член-корреспондент РАН, д.э.н., профессор, руководитель научного направления «Мезоэкономика, микроэкономика, корпоративная экономика» ЦЭМИ РАН, заведующий кафедрой институциональной экономики Института экономики и финансов в Государственном университете управления

УДК 621.3

ББК 32

Ш83

Ш83 Шпак В.В.

**Развитие электронной промышленности России
в условиях меняющегося мира**

Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2024. – 128 с. ISBN 978-5-94836-656-2

В монографии рассмотрены две глобальных задачи: во-первых, провести макроэкономический анализ и дать оценку состояния и перспектив развития электронной промышленности в части процессов разработки, производства и реализации электронной продукции, а также в части развития электронного машиностроения, системы управления отраслью и кадрового обеспечения развития отрасли. Во-вторых, сформировать обоснованные предложения по развитию отрасли в контексте утвержденных стратегических целей, необходимости адаптации электронной промышленности под новый технологический уклад, а также с учетом научно-технологического прогноза развития отрасли.

© Шпак В.В., 2024

© АО «РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», оригинал-макет, оформление, 2024

ISBN 978-5-94836-656-2

Содержание

К читателям	6
Введение	8
Глава 1. Роль электроники в современном мире	11
1.1. Оценка происходящих изменений в мире через призму электроники.....	11
1.2. Становление электронной промышленности в современной России.....	29
Глава 2. Теоретические и практические проблемы развития методологического аппарата управления отраслевым развитием	48
2.1. Развитие подходов к управлению электронной промышленностью.....	48
2.2. Подходы к целеполаганию и оценке результативности государственной политики в сфере электронной промышленности.....	57
2.2.1. Достижение технологического суверенитета как целевая функция макроэкономического развития электронной промышленности.....	57
2.2.2. Подходы к макроэкономической сравнительной оценке эффективности инструментов бюджетного финансирования.....	60
Глава 3. Инструменты развития электронной промышленности России	72
3.1. Промышленная политика в области обеспечения электронной промышленности средствами и ресурсами отечественного производства.....	73
3.2. Производственно-технологическая политика в области электронной промышленности.....	85
3.3. Промышленная политика в области разработки электронной продукции.....	96
3.4. Промышленная политика в области стимулирования спроса.....	103
3.5. Отраслевая кадровая политика.....	108
Глава 4. Адаптация электронной промышленности под новый технологический уклад	115
Заключение.....	125
Об авторе	127

К читателям

Книга «Развитие электронной промышленности России в условиях меняющегося мира» выходит в момент предельного напряжения сил нашей страны в борьбе за технологический суверенитет. Ее актуальность, своевременность и практическая ценность не вызывают сомнения. До недавнего времени широко распространена была пораженческая точка зрения, согласно которой мы навсегда отстали в микроэлектронной промышленности и обречены на импортную зависимость. Отрадно, что в руководстве этой отрасли есть не только понимание ответственности момента, но и твердая убежденность в достижении цели создания собственного полноценного воспроизводственного контура электронной промышленности, а также необходимые знания для системного планирования этой работы.

В книге дана всеобъемлющая и глубокая характеристика совокупности технологически сопряженных производств, обеспечивающих воспроизводство и развитие электронной промышленности как ключевой отрасли нового технологического уклада как в национальном, так и в сопоставительном международном аспекте. Без прикрас охарактеризован стартовый базис, с которого предстоит наверстывать отставание от мировых лидеров, достигающее по ряду позиций пяти–восемью поколений техники. Для решения этой нетривиальной задачи автором разработана соответствующая сложности технологических процессов отрасли методология управления ее развитием. При этом учтен как отечественный, так и международный опыт, накопленный за весь период развития электронной промышленности. Это, с одной стороны, обеспечивает преемственность управленческих процедур, а с другой стороны, позволяет включать современные факторы, в том числе процессы цифровизации и алгоритмизации управления. Целевой подход к исследуемому предмету позволяет осознанно ставить и решать динамически изменяющиеся проблемы в ответ на технологические и санкционные вызовы.

Автор дает подробный объективный анализ проблем достижения технологического суверенитета в электронной промышленности с учетом технологических, экономических и социальных аспектов. Совершенно справедливо во главу угла автор ставит вопрос о локализованном ресурсном обеспечении нужд отрасли в нашей стране, обладающей практически всем спектром природных ресурсов для ускоренного и даже опережающего развития электроники.

Отрасль является наиболее наукоемкой, поэтому особое внимание автор уделяет анализу, динамике и глубине научно-технологической политики. Комплексное ресурсное самообеспечение и опора на отечественную научно-технологическую школу не только способствуют увеличению количества высококвалифицированных рабочих мест, но и выступает гарантом безопасности страны,

что особенно важно в современных условиях. Увязка автором промышленной политики с переориентацией спроса на изделия электроники отечественного производства является ключевым смыслом национально ориентированной экономической политики в целом. Развитие страны в данном направлении, кроме достижения суверенитета в электронике, обеспечит существенный синергетический эффект в народном хозяйстве в целом, что придает макроэкономическое значение исследованию отраслевых проблем. Данная постановка задачи представляется новым шагом в стратегическом планировании.

В книге дается правильная постановка задачи оценки макроэкономической эффективности государственных ассигнований на реализацию инвестиционных и инновационных программ. Несмотря на наличие методик, эта задача до сих пор не имеет системного решения, что предопределяет излишнее значение субъективного фактора и создает риски имитации достижения установленных целей. Решение этой задачи усложняется сочетанием государственных и частных предприятий, которые должны действовать вместе для достижения поставленных целей. Хорошо понимая сложность решения этой задачи, автор предлагает технологически передовой алгоритмический способ его решения, соответствующий возможностям и требованиям нового технологического уклада. Следующим методологическим и практическим шагом развития отрасли электроники и экономики в целом должен стать переход от множества стратегий к генеральным схемам развития и размещения производительных сил как в отраслевом, так и территориальном разрезах. Реализация авторского подхода будет, несомненно, способствовать выполнению задач «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной правительством Российской Федерации.

Автор справедливо сравнивает современную санкционную агрессию против нашей страны с пресловутым КОКОМом, ограничения которого успешно преодолевались благодаря таланту и трудолюбию специалистов нашей страны. Стресс-тест в форме современных санкций управление воспроизводством электронной промышленности выдержало. Однако для достижения технологического суверенитета предстоит предпринять большие усилия и затратить немало ресурсов. Сделать это нужно очень быстро, преодолев отставание в несколько поколений техники за один прыжок. Для решения этой задачи необходимо четко представлять всю ее сложность и понимать возможные методы ее решения. Автор предлагает новый реалистичный и соответствующий сложности этой задачи подход, заслуживающий практического внедрения.

*Академик РАН,
доктор экономических наук
С. Ю. Глазьев*

Введение

Мы живем в эпоху глобальной трансформации, когда по многим направлениям происходят изменения в нашей жизни. Величайшие люди современности, имеющие различные общественные и геополитические взгляды, сходятся в том, что изменения уже стартовали^{1,2,3,4}. Социально-экономическая система, сформировавшаяся после Великой Отечественной войны, доживает последние исторические мгновения, мир находится в муках рождения новой системы.

Сегодня на повестке как минимум три глобальных структурных кризиса. Во-первых, кризис экономический — это кризис роста, кризис развития общества расширенного воспроизводства капитала. Модель достигла пределов своего роста и в нынешнем виде в скором времени просто перестанет существовать.

Во-вторых, кризис социальный, который является производным от экономического кризиса. Падает общее благосостояние человеческой популяции, планомерно сокращается средний класс, что приводит к обострению неравенства, росту глобальных иммиграционных потоков и, как следствие, к социальной напряженности.

В-третьих, политический кризис. Очевидно, что руководства стран, пришедших к власти в существующих моделях, не смогут справиться с нарастающим системным кризисом. Соответственно, нас ждут изменения политики, вполне возможно, во многих странах произойдут изменения и государственных границ, и вообще в целом геополитической карты. После выступления В. В. Путина на Мюнхенской конференции в 2007 году⁵ и его заявления в 2019 году журналистам газеты Financial Times, что либеральная идея изжила себя, стало ясно, что мир уже никогда не будет прежним.

Таким образом, сегодня мы находимся в начале глобального цикла зарождения и развития новой модели общества. Крупные кризисы в человеческой истории — повторяющееся явление, что было подробно описано советским ученым Н. Д. Кондратьевым в его трудах⁶, посвященных длинным экономическим циклам. Очевидно, что всегда смены циклов сопровождалась кризисами, такими как Великая депрессия начала двадцатого века, когда мир переходил из стадии доминирования материальных активов к финансовым. Переход от доминирования финансовых активов к интеллектуальным активам пришелся на девяностые годы. Длины циклов постоянно сокращаются, Н. Д. Кондратьев оценивал

¹ К. Шваб. Covid-19: великая перезагрузка, 2020.

² А. Вийкман. Старый Мир обречен. Новый Мир неизбежен! // Форум Римского клуба, 2018.

³ В. В. Путин. Сильные идеи для нового времени // Форум АСИ, 2022.

⁴ David Baker. ScienceAlert, January 2, 2020.

⁵ URL: <http://kremlin.ru/events/president/transcripts/24034>.

⁶ Кондратьев Н. Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения, 1922.

стандартную длительность цикла в 45–60 лет, сегодня некоторые исследователи говорят о циклах длительностью 20–25 лет.

До этого были переходы от рабовладения (где главной ценностью были рабы, рабочие руки) к феодализму, где богатство измерялось земельным владением. Переход к капитализму обозначил средства производства основным активом.

Все это происходит на фоне смены технологического уклада. Цифра оставляет свой след везде. Она влияет на модели владения и управления активами в экономике, дает новые возможности для организации государственного управления, меняет характер социально-общественных отношений. Новые экономические модели требуют новых идеологий для их реализации.

Сейчас начинается следующий переход, который с большой долей вероятности будет основан на репутации (доверии). С учетом глобальности мировой торговли рациональный выбор потребителя по критерию «цена — качество» уступает критерию доверия к тому или иному бренду или технологической платформе. Все теперь зависит от выбора человека, от того, кому он доверяет. В конечном счете будет конкуренция международных технологических платформ, за которыми будут стоять несколько государств, формирующих суверенные технологические зоны.

В основе формирования таких технологических платформ будут находиться сложные технологии, обеспечивающие благосостояние нации: например, в энергетике — технологии альтернативной энергетики, в медицине — технологии предиктивной персонализированной и ядерной медицины, в транспорте — беспилотные технологии, в окружающей среде — природоподобные технологии⁷. При этом в фундаменте большинства технологических решений лежат технологии сбора, обработки, передачи и хранения информации, т. е. те задачи, которые решаются исключительно с помощью продукции электронной промышленности.

В этой связи с 2020 года был принят ряд стратегических решений по формированию развития электронной промышленности Российской Федерации. В частности, в январе 2020 года утверждена «Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года»⁸. В первой половине 2022 года с учетом ускорения темпов изменения глобальной экономической и политической обстановки были актуализированы стратегические цели и механизмы реализации Стратегии. Кратно увеличен объем финансирования в рамках отраслевых мер поддержки. Основными результатами реализации Стратегии должны стать 25-кратный рост производства российской электронной продукции (с 250 до 6300 млрд рублей) и обеспечение не менее 70 %

⁷ Михаил Ковальчук. Идеология природоподобных технологий. — Физматлит, 2021. ISBN: 978-5-9221-1931-3.

⁸ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17.01.2020 № 20-р «Об утверждении Стратегии развития электронной промышленности до 2030 года».

внутрироссийских потребностей в этой сфере (по итогам 2022 года этот показатель составил 8%)⁹.

В мае 2023 года Указом Президента Российской Федерации В. В. Путина утверждены «Основы государственной политики Российской Федерации в области развития электронной и радиоэлектронной промышленности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу»¹⁰.

Кроме того, в мае 2023 года утверждена «Концепция технологического развития на период до 2030 года», в которой отдельное внимание уделено поддержке научных исследований в сфере высшего и профессионального образования, включая передовые инженерные школы, а также финансовому содействию производства, в том числе через государственные закупки и механизмы льготного кредитования¹¹.

Отдельное внимание уделяется вопросам применения электронной аппаратуры на стратегически значимых объектах, которые регулируются в рамках Указа Президента Российской Федерации В. В. Путина от 30 марта 2022 года № 166 «О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

Основной принцип всех вышеперечисленных решений — вертикально интегрированный подход к развитию отечественной электронной промышленности: от возрождения электронного машиностроения и производства специальных материалов для электроники до стимулирования спроса на российскую электронную продукцию со стороны государственных и частных, в том числе иностранных, заказчиков. Кроме того, впервые в документах стратегического развития определены задачи по обеспечению прослеживаемости полного жизненного цикла электронной продукции посредством цифровой маркировки и акцентировано внимание на вопросах ее глубокой переработки после утраты потребительских и (или) функциональных свойств.

Таким образом, в рамках настоящей монографии поставлены две цели. Во-первых, провести макроэкономический анализ и дать оценку состояния и перспектив развития электронной промышленности в части процессов разработки, производства и реализации электронной продукции, а также в части развития электронного машиностроения, системы управления отраслью и кадрового обеспечения развития отрасли. Во-вторых, сформировать обоснованные предложения по развитию отрасли в контексте утвержденных стратегических целей, необходимости адаптации электронной промышленности к новому технологическому укладу, а также с учетом научно-технологического прогноза развития отрасли.

⁹ URL: <http://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/07/05/929825-mishustin-uveli-chit-radio-elektroniki?ysclid=H0wmalqul597567513>.

¹⁰ Указ Президента Российской Федерации от 12.05.2023 № 344.

¹¹ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 20.05.2023 № 1315-р «Об утверждении Концепции технологического развития на период до 2030 года».

ГЛАВА I

РОЛЬ ЭЛЕКТРОНИКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

I.1. Оценка происходящих изменений в мире через призму электроники

Сегодня мир стоит на пороге глобальных изменений, причем эти изменения уже начались, происходит перелом основных компонентов глобального мироустройства.

Специфика трендов современного этапа экономического и общественного развития определяет приоритетные социальные потребности. Среди таких трендов — новые типы войн и инструментов их сдерживания, изменения в составе стран, лидирующих в тех или иных сферах экономики, цифровая трансформация производства и финансовых систем, усиление влияния междисциплинарности, миграционные процессы и изменения в социально-демографической сфере. Сохранение лидерских позиций в условиях влияния этих трендов возможно только с использованием суверенных информационных технологий, сервисная, программная и аппаратная части которых имеют локализованные центры воспроизводства с опорой на национальный и доступный без каких-либо ограничений международный научно-технологический задел. Развитие этих сфер обеспечит значительную долю в доходах бюджета России. Сегодня информационные технологии позволяют гарантировать безопасность и устойчивость развития страны за счет повышения:

- управляемости через увеличение количества оцифрованных акторов-агентов, связанных постоянно действующим на выдачу-прием информационным пространством (ярким примером являются автоматизированные системы управления (АСУ) различного масштаба);
- скорости выработки, принятия решений и их исполнения за счет все возрастающих объемов и скоростей вычислительных мощностей;

- осведомленности, обеспечиваемой различными методами агрегации и обработки текстовых, видео- и аудиоданных;
- эффективности применения цифровых технологий в образовании, предпринимательстве и т. п.;
- экологичности — как с точки зрения развития мониторинга и контроля состояния и сохранности окружающей среды, так и за счет внедрения новых инструментов в процессы взаимодействия человека и природы вплоть до «покорения» стихийных бедствий и упреждающего предотвращения техногенных катастроф;
- простоты вплоть до дизайн-решений, ориентированных на интуитивное взаимодействие с интерфейсами;
- прогноза на основе технологий больших данных и сложных самообучающихся алгоритмических программ, чаще всего обобщенно именуемых искусственным интеллектом;
- адаптивности как сочетания управляемости, скорости и прогноза.

Очевидно, что меняется технологический уклад — наступила четвертая промышленная революция^{1,2}, локомотивом которой являются интеллектуальные технологии и работа с информацией различного рода.

Информация имеет несколько «агрегатных» состояний. Во-первых, информация появляется — за это отвечают технологии сенсорики. Далее информация передается — за это отвечают технологии связи. Кроме того, информация обрабатывается — за это отвечают технологии обработки данных (вычислительные технологии), и, наконец, информация хранится — технологии хранения данных.

Все эти технологии активно преобразуются последние полвека. Понятие технологий сенсорики в первую очередь относится к технологиям электронной компонентной базы (ЭКБ) — к чувствительным элементам. Если изначально это были достаточно примитивные устройства, то сегодня в современном смартфоне порядка двух десятков сенсоров. Они определяют положение устройства и поворачивают экран, могут измерять температуру, а по видеоканалу — и пульс. По координатам, получаемым из внешней сети, они ориентируются в пространстве. Сенсоров очень много в бытовых приборах: всем знакомы роботы-пылесосы или автоматически выключающиеся плиты, которые реагируют на перегрев. Мир сенсорики достаточно большой в бытовом применении. Но более важную роль, конечно, она играет в промышленности. Особенно на опасных производствах, когда необходимо контролировать окружающую среду и предотвращать аварийные ситуации.

¹ С. Ю. Глазьев. Теория долгосрочного технико-экономического развития. — М.: Владар, 1993.

² К. Шваб. Четвертая промышленная революция. — М.: Эксмо, 2016.

В сфере телекоммуникаций за последние 40 лет сменилось четыре поколения мобильных технологий³. Каждое из них сильно повлияло на весь телекоммуникационный рынок: появились новые услуги связи, новые виды оборудования, бизнес-модели, которые позволяют оказывать эти услуги связи. В 1979 году в Токио было запущено первое поколение беспроводной связи стандарта 1G, в 1984 году на всей территории Японии компания Nippon Telegraph and Telephone развернула на базе этого стандарта коммерческие услуги. В 1983 году в США запустили первую сеть 1G, используя мобильный телефон Motorola DynaTAC. Это был единственный аналоговый стандарт, все следующие были цифровыми. Несколько лет спустя к адаптации этой технологии присоединились другие страны — Великобритания, Канада и др. Сегодня базовый стандарт 4G — это практически кристально чистые голосовые звонки. 4G, или стандарт 4G LTE, примерно в 5–7 раз быстрее, чем 3G, и теоретически предлагает достижимую скорость до 150 Мбит в секунду. Это соответствует максимальной потенциальной скорости около 8 Мбит в секунду в реальном применении. Во многих зонах земного шара идет тестовая эксплуатация технологий связи пятого поколения, которые обещают дальнейший рост параметров связи: уменьшение задержки сигнала до 1 миллисекунды, эффективность использования радиочастотного диапазона на 30–50 % выше, чем в последних версиях 4G LTE, использование более широких радиочастотных каналов, что дает возможность оказания совершенно новых видов услуг, требующих поддержки огромного количества одновременно подключенных мобильных устройств. Эти технологии являются ключом к форсированию внедрения решений в области кибербезопасности, Интернета вещей, беспилотного транспорта, повсеместной роботизации стандартных производственных процессов. На рис. 1 наглядно представлено изменение параметров сети при переходе к сетям пятого поколения.

При этом на смену уже подбирается связь шестого поколения. 6G — это скорость передачи данных в несколько Тбит в секунду, задержка менее миллисекунды, надежность 99,99999 %, кратное увеличение количества подключаемых устройств. Технология шестого поколения обеспечит универсальную высокопроизводительную связь, сопоставимую с оптоволоконными кабелями по скорости и надежности. Связь 6G в том виде, в котором она сейчас проектируется и реализуется в некоторых пилотных зонах, обещает совершенно другой уровень. На рис. 2 представлена динамика развития сетей связи в призме охвата потребителей.

³ Пиликина Е. А., Белоус К. В., Державин М. В. Перспективы и пути развития 5G в России // StudNet, № 10, 2020.