

Экономика наукоемких и высокотехнологичных предприятий и производств.
Управление в организационных системах
Economics of knowledge-intensive and high-tech enterprises and industries.
Management in organizational systems

УДК 338.2

<https://doi.org/10.32362/2500-316X-2026-14-3-131-144>

EDN TTSRRP



НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

Планирование воспроизводственных процессов в электронике на стратегическую перспективу

В.В. Шпак[@]

МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, 119454 Россия

[@] Автор для переписки, e-mail: morser@yandex.ru

• Поступила: 07.04.2026 • Доработана: 19.04.2026 • Принята к опубликованию: 27.04.2026

Резюме

Цели. Цель работы – разработка новых подходов к методологии стратегического планирования в электронной промышленности с учетом глобальной многовекторной трансформации экономики и ускорения технологических изменений. Настоящее исследование показывает наиболее общие рамки дальнейшего развития электронной промышленности и рост ее влияния на социально-экономическое устройство будущего общества.

Методы. Наряду с классическими методами исследования социально-экономических отношений сложной системы, которой является электронная промышленность, применялись системный анализ, форсайт-технологии, моделирование производственных процессов и методы стратегического планирования. Особое внимание уделялось методу множественного сравнения для оценки объяснительной способности различных моделей развития.

Результаты. Проведенное исследование объективно подводит к необходимости новой реструктуризации отраслей экономики и промышленности с особым статусом для электронной промышленности, т.к. ее развитие выходит за рамки экономической рациональности и приобретает цивилизационный характер. Постановка электронной промышленности в качестве локомотива всей экономики наряду с реструктуризацией подготовки кадров – это залог стратегического успеха развития нашей страны.

Выводы. Создание и непрерывное развитие системы стратегического планирования и управления электронной промышленностью – единственная возможность «срезать углы» в развернувшейся гонке за технологическим, а значит экономическим, военным и политическим суверенитетом. Особое стратегическое значение приобретает необходимость построения собственного макрорегиона, самодостаточного как с точки зрения производства, так и потребления электронной продукции.

Ключевые слова: электронная промышленность, стратегическое планирование, цифровизация, искусственный интеллект, технологическая сингулярность, производственные процессы, цифровая трансформация

Для цитирования: Шпак В.В. Планирование воспроизводственных процессов в электронике на стратегическую перспективу. *Russian Technological Journal*. 2026;14(3):131–144. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2026-14-3-131-144>, <https://www.elibrary.ru/TTSRRP>

Прозрачность финансовой деятельности: Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

RESEARCH ARTICLE

Planning of reproduction processes in electronics for a strategic perspective

Vasily V. Shpak [®]

MIREA – Russian Technological University, Moscow, 119454 Russia

[®] Corresponding author, e-mail: morser@yandex.ru

• Submitted: 07.04.2026 • Revised: 19.04.2026 • Accepted: 27.04.2026

Abstract

Objectives. The work sets out to develop new approaches to strategic planning methodology in the electronics industry that take into account the current global multi-vector economic transformation and corresponding acceleration of technological changes. The most general framework for the further development of the electronics industry is outlined along with a discussion of its likely impact on the socioeconomic structure of future society.

Methods. Along with classical methods for studying socioeconomic relationships pertaining to complex systems such as the electronics industry, systems analysis, foresight technologies, production process modeling, and strategic planning methods are applied. In order to evaluate the explanatory power of different development models, particular attention is given to the multiple comparison method.

Results. The study identifies a need for a radical restructuring of economic and industrial sectors in which the electronics industry is accorded a leading role as a result of its development transcending traditional economic rationalizations to acquire a civilizational character. The establishment of the electronics industry as the main driving force for the entire economy, along with a corresponding restructuring of personnel training, thus represents a key strategic element in Russia's continuing development.

Conclusions. In the ongoing race for technological (and therefore economic, military, and political) sovereignty, the creation and continuous development of a strategic planning and management system for the electronics industry acquires a strategic character. The establishment of a genuinely independent national macroeconomic region can be achieved by ensuring self-sufficiency in both the production and consumption of electronic products.

Keywords: electronics industry, strategic planning, digitalization, artificial intelligence (AI), technological singularity, production processes, digital transformation

For citation: Shpak V.V. Planning of reproduction processes in electronics for a strategic perspective. *Russian Technological Journal*. 2026;14(3):131–144. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2026-14-3-131-144>, <https://www.elibrary.ru/TTSRRP>

Financial disclosure: The author has no financial or proprietary interest in any material or method mentioned.

The author declares no conflicts of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Современная рыночная экономика переживает фундаментальную трансформацию, связанную в т.ч. с изменением модели потребления и кризисом существующей финансовой системы. Эти процессы создают для развития электронной промышленности России как вызовы, так и новые возможности. Президент России Владимир Путин 22 января 2026 г. провел совещание, посвященное развитию российской электронной промышленности, в т.ч. вопросам разработки и производства электронной компонентной

базы (ЭКБ) и интегральных схем¹. Президент России поручил создать межведомственную комиссию для повышения эффективности управления развитием российской электроники. Ее возглавили первый

¹ Совещание по развитию микроэлектроники. Владимир Путин провел совещание по развитию отечественной интегральной электроники. <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/79027>. Дата обращения 01.04.2026. [Meeting on the development of microelectronics. Vladimir Putin chaired a meeting on the development of Russian integrated electronics. <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/79027>. (In Russ.). Accessed April 01, 2026.]

вице-премьер Д. Мантуров и помощник президента А. Фурсенко. Стратегическая направленность принятых решений требует от исполнительных органов российской экономики создания эшелонированной системы планирования и эффективной системы своевременной корректировки стратегических планов в свете научно-технологических достижений, которые на практике проявляются быстрее стратегических прогнозов и форсайт-исследований.

Ключевые показатели, характеризующие текущее состояние и тенденции развития отрасли, можно свести к нескольким параметрам. Валовой объем производства продукции радиоэлектронной промышленности (РЭП) в 2025 г. достиг 3.5 трлн руб. При росте производства на 34% российская электроника отстала от конкурентов по основным технологическим характеристикам на 25–35 лет. Наиболее сдерживающим фактором развития отрасли является значительный дефицит квалифицированных кадров.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Методологическая база исследования

Современная экономика является многопараметрическим феноменом, который отличается высокой связностью структур и компонентов, включая и ее надсистему – совокупность природных факторов и цивилизационных социально-экономических отношений в широком их понимании. Экономика является надсистемой по отношению к отрасли – электронной промышленности, которая, в свою очередь, формируется из различных подсистем и подотраслей. Поэтому системный подход к стратегическому планированию и управлению воспроизводственных процессов в электронной отрасли предусматривает согласованный анализ следующих факторов: кризиса существующей финансовой системы, регионализации экономики, формирования новых экономических блоков, изменения торговых маршрутов, падения платежеспособного спроса населения, массовой миграции, борьбы за ресурсы и т.д. Необходимость и пути адаптации производства к этим объективным процессам будут проанализированы ниже.

Системный подход к исследованию сложных систем раскрывает всю совокупность ее параметров, включая взаимодействия по линии «надсистема – система – подсистемы». Основопологающей задачей стратегического планирования и управления является отслеживание состояния сложной системы в динамике и ее упреждающее реагирование на вызовы и изменения. Для этого применяется метод множественного сравнения как по целому набору характеризующих

систему параметров, так и в динамике. Его суть состоит в том, что избранные параметры управляемой системы, которые не всегда имеют строгий метрический вид, в формате вектора сопоставляются через установленные промежутки времени, например месяц, квартал или год. При таком подходе виден не только результирующий показатель, например изменение валовой выручки отрасли или динамика топологической составляющей проектируемой электроники, но и факторы, которые определили интегральное изменение. Это может быть изменение количества предприятий отрасли, структуры и физических объемов выпускаемой продукции, изменение цен и т.д. Системный анализ и метод множественного сравнения максимально эффективны при использовании технологий искусственного интеллекта и больших данных.

Стремительность изменений как материальной базы электроники, так и постоянно совершенствующихся алгоритмов ее управления обуславливает важное значение стратегического предвидения форсайт-исследований, в т.ч. освоенных и качественно новых технологических трендов.

В наиболее обобщенном виде актуальные изменения методологии стратегического планирования и управления в дополнение к отработанным методам состоят в нескольких аспектах. Цифровизация процессов управления в самом ближайшем будущем станет тотальной, что повысит точность прогнозов и расчета рисков. Специалистам-управленцам будет необходимо сконцентрироваться на решении новых эвристических задач, которые возникают в ходе совершенствования отраслевого воспроизводства. Повсеместное внедрение систем искусственного интеллекта позволит освободить управленческий персонал от выполнения рутинных операций и существенно снизить риски ошибок. Использование технологий больших данных позволит при принятии решений оперировать не выборочными интегральными показателями, а учитывать все доступные для сенсорики и киберфизических систем первичные параметры производства в реальном масштабе времени.

Тенденции и факторы развития электронной промышленности

Глобальная трансформация, происходящая на наших глазах, повышает роль геостратегических факторов и затрагивает все стороны существования цивилизации. Среди наиболее значимых следует особо выделить глобальную трансформацию разделения труда, компетенций и формирование кооперации в масштабе крупных региональных технологических зон. На это все накладывается стремительное развитие цифровых технологий и их проникновение во все без исключения социально-экономические отношения.

Большинство экспертов сходятся в том, что изменения уже стартовали [1]. Современный экономический кризис носит объективный и безвозвратный характер, т.к. рыночная модель самовозрастания капитала и агрессивный финансизм достигли пределов роста в масштабах всей планеты. Это проявляется в демонтаже мировой фиатной долларовой системы. На сегодняшний день уже не существует денег с их классическими пятью функциями. Санкции лишили Россию возможности пользоваться так называемыми резервными валютами и показали другим странам их фиатный характер. Россия из-за санкций не может расплачиваться своими суверенными финансами, которые она размещала у контрагентов, диверсифицируя риски, а дружественные страны наглядно убедились в нежизнеспособности мировой финансовой системы, управляемой из одной страны. В результате активно развиваются региональные платежные системы.

Это, в свою очередь, создает объективные условия для регионализации реальной экономики. Глобальное разделение труда, которое сложилось в мировой электронике, было экономически эффективным. Однако эта система оказалась слишком хрупкой и сейчас разрушается. В мировом хозяйстве уже явно вырисовываются самодостаточные валютно-технологические зоны, т.е. мировая экономика начинает кластеризоваться на отдельные макрорегионы. В рамках каждого такого региона (или зоны) начинают концентрироваться собственные ресурсы, рынки, производства и технологии. Этот процесс сопровождается практикой жестких мораториев на экспорт высокотехнологичных решений за пределы своих зон. Уже сейчас можно констатировать, что глобальное международное сотрудничество в сфере высоких технологий, в т.ч. в сфере электроники, фактически невозможно. Единственный выход – рассчитывать на собственную силу и кооперацию в рамках своей страны и надежных региональных партнеров.

Стратегической целью России и ее партнеров является создание макрорегиона на основе имеющихся природных ресурсов, научной школы, творческого и промышленного потенциала – макрорегиона, максимально обеспеченного воспроизводственными ресурсами и имеющего население, способное производить и потреблять свою продукцию. Западный подход к региональной трансформации в настоящее время осуществляется в агрессивной, силовой манере. Здесь и претензии на ресурсы и рынки Латинской Америки, Мексики, Канады, Гренландии, Ближнего Востока, и попытки установления абсолютной военно-монополистической диктатуры в мире.

Воспроизводственный контур нашей зоны формируется на принципиально иной основе. Это признание объективной взаимозависимости экономик

различных стран и поиск путей интеграции на принципах взаимной выгоды, включая стратегическую предсказуемость и безопасность. Шанхайская организация сотрудничества, БРИКС² демонстрируют гармоничность отношений стран – членов этих международных объединений, формируют новый ландшафт отношений, создавая предпосылки возникновения собственных макрорегионов (валютно-технологических зон) ведущими странами (Россия, Индия и Китай).

Форматы взаимовыгодного сотрудничества нацелены на сглаживание негативных социально-экономических изменений, таких как глобальное падение спроса, объективное сворачивание модели массового производства, нарастающий дефицит всех видов ресурсов, включая даже питьевую воду, а также тотальное загрязнение окружающей среды. Рыночная система воспроизводства, ориентированная на массовое потребление, короткий жизненный цикл потребительских товаров и гонку за демонстративными фетишами, находится в завершающей стадии своего существования. На будущих обломках ее гигантской глобалистской модели рождаются новый мир и новая экономика.

С учетом этих и других макроэкономических и геостратегических факторов, включая миграционные процессы, происходит переоценка направлений и глубины технологических трендов. Информационно-коммуникационные технологии в целом и микроэлектроника в частности уже превратились в необходимое условие для создания суверенной собственной макроэкономической зоны. Однако негативное воздействие искусственных геостратегических факторов на рынки новых научно-технологических направлений, таких как нейросети, новые технологии связи, беспилотные транспортные системы, также сдерживает их развитие по сравнению с темпами, которые прогнозировали эксперты [2, 3].

В первую очередь это связано с тем, что новые подходы к моделированию воспроизводственных процессов пока не раскрылись в полную силу. После столетий конкуренции производителям трудно перестроиться на кооперацию как экономически, так и психологически. Конкуренция всегда вела к значительному перерасходу ресурсов и означала, что победитель забирает все. Кооперация в совокупности с планированием и координацией, построенная на природоподобном свойстве интеграции различных акторов для получения синергетического результата, обеспечивает надежную и эффективную

² BRICS – сокращение от Brazil, Russia, India, China, South Africa – неформальное объединение стран с динамично развивающейся экономикой. [BRICS – an acronym for Brazil, Russia, India, China, and South Africa – is an informal group of countries with rapidly growing economies.]

отраслевую связность. Аналогично частная автономность производителей все более уступает место прозрачности и прослеживаемости жизненного цикла электронных устройств от проектирования и производства до их реализации, утилизации и последующей переработки. Этому будет способствовать принятое в России решение об обязательной маркировке всей российской электронной продукции, что позволит увидеть все в режиме реального времени³.

Экстенсивный этап развития рыночной экономики столкнулся с пределами, о которых еще в прошлом веке предупреждали эксперты Римского клуба⁴ [4]. Переход к новой интенсивной экономической модели экономики страны является первостепенным приоритетом при формулировании стратегических целей электронной промышленности и экономики в целом. Объективные процессы интенсификации производства в новых реалиях включают по крайней мере несколько факторов.

Происходит неотвратимое изменение производственных парадигм. Уже появились первые признаки перехода от крупносерийного поточного производства ЭКБ и электроники, ориентированных на массового потребителя и быстрое обновление у потребителей электронных устройств, к гибким, имеющим потенциал перенастройки автоматизированным комплексам и долговечным приборам, построенным на принципах платформенно-модульной архитектуры.

Мировая экономика находится в начале очередного глобального цикла зарождения и развития качественно новой модели общества и экономики. Смена технологических укладов была подробно описана советским ученым Н.Д. Кондратьевым в его трудах [5]. Новый посткапиталистический уклад должен внести в воспроизводственный процесс ряд фундаментальных изменений. Для начала индустриальные технологии массового производства будут вытесняться природоподобными технологиями, улучшая качество жизни людей, включая производство качественной продукции, долго сохраняющей свои потребительские свойства, обеспечивая тем самым рациональное и эффективное использование ресурсов, заботу о природе [6].

³ О подтверждении производства российской промышленной продукции. Постановление Правительства Российской Федерации от 17 июля 2015 г. № 719. <http://government.ru/docs/all/102816/>. Дата обращения 01.04.2026. [On Confirmation of Production of Russian Industrial Products. Resolution of the Government of the Russian Federation of July 17, 2015, No. 719. <http://government.ru/docs/all/102816/>. (In Russ.). Accessed April 01, 2026.]

⁴ Римский клуб – международная общественная организация, объединяющая представителей мировой политической, финансовой, культурной и научной элиты. [The Club of Rome is an international public organization uniting representatives of the world's political, financial, cultural, and scientific elite.]

Стратегический тренд на стандартизацию продукции и технологий на принципах открытых архитектур должен превратиться в обязанность органов управления. Это позволит повысить суверенитет нашего будущего макрорегиона, укрепит кооперационные связи, существенно снизит издержки всего жизненного цикла создаваемой продукции.

Уже сейчас ясно, что революция ожидается и в совершенствовании технологических процессов. Если сейчас от выращивания кристалла до готового изделия электроники необходимо осуществить сотни операций, то переход к выращиванию в рамках различных аддитивных процессов готовых электронных модулей, 3D-печать блоков и узлов уже отрабатываются в ходе научно-исследовательских работ компаниями-лидерами и ведущими мировыми научными центрами.

Электроника является основой цифровых технологий, которые, в свою очередь, влияют на все воспроизводственные этапы отрасли – от стратегического планирования до проектирования конкретных изделий. Развитие цифровых технологий можно рассматривать в качестве внутреннего имманентного акселератора совершенствования электронной промышленности и электронной продукции.

Интегральным параметром перечисленных и других объективных социально-экономических процессов является трансформация потребительского поведения. Экономический кризис усиливается негативными социальными сдвигами, включая иммиграцию, которые во многих странах стали уже неуправляемыми и в перспективе фатальными. Это и массовое падение благосостояния так называемого среднего класса и человеческой популяции в целом. Падает платежеспособность – производители должны переходить к более мобильным технологиям, способным уменьшать масштаб производства в соответствии с реальным платежеспособным спросом. Массовая иммиграция, яростная борьба за ресурсы создают условия социальной угнетенности и апатии, что бумерангом бьет по экономике.

Ускоренно нарастает значение репутационных активов производителей электроники. С учетом глобальности мировой торговли рациональный выбор потребителя по критерию «цена – качество» дополняется не менее важным критерием доверия к качеству, долговечности и эффективности конкурирующих брендов или даже шире – технологических платформ. От выбора человека, его доверия в конечном счете будет зависеть успех производителей в стратегической перспективе. Сейчас активно развивается конкуренция нескольких международных технологических платформ, за которыми стоят государства, формирующие суверенные технологические зоны. Все они должны будут стать самодостаточными по всему циклу, от производства материалов, химии и средств

проектирования и производства до цифровых интеллектуальных технологий сбора, обработки, передачи, хранения и аналитической обработки информации. Это те задачи, которые решаются исключительно с помощью продукции электронной промышленности.

Санкции, локальные военные конфликты и искусственно созданные напряженности в различных регионах мира обрушили логистические цепочки, что приводит в ступор как производство, так и потребление. Это большая самостоятельная тема, которая требует отдельного рассмотрения. Здесь она лишь обозначена для системного понимания современных мировых тенденций.

Заявление Президента России Владимира Путина журналистам газеты Financial Times в 2019 г.⁵ о том, что либеральная идея пережила свою цель и исчерпала себя, оказалось пророческим, и мировой политический кризис дополнил экономический и социальный кризисы. Теперь уже ясно, что экономический, социальный и политический мир уже никогда не будет прежним. Это важнейший стратегический фактор для планирования в нашей стране.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Представленный анализ обуславливает новые подходы к технологическим аспектам производства. В первую очередь это проявляется следующим образом. Несмотря на стремительные темпы технологического развития, структура мирового потребления микросхем в натуральном выражении за последние 5 лет практически не изменилась. Доля традиционных решений на уровне 350 нм и более до сих пор составляет порядка 50%. Передовой уровень (ниже 28 нм) сейчас занимает порядка 16% рынка, и эта доля не меняется с 2019 г. К 2030 г. прогнозируется ее увеличение только до 17%. На текущий момент и в ближайшие годы большинство практических задач как решались, так и будут удовлетворяться на топологических нормах 350 нм и более. А это, в свою очередь, повлияет на структуру и качество производственных сил отрасли.

Показательным является увеличение средней длительности цикла производства микросхемы. До 2020 г. средний цикл составлял порядка 30 дней. Но как только человечество решило шагнуть за топологии ниже 7 нм, цикл начал растягиваться и в 2025 г. достиг 69 дней. Это говорит не только о сложности передовых технологий, но и, прежде всего, об их нестабильности.

Есть мнение некоторых экспертов, что минималистические фабрики (minimal fab), концепцию которых разработал Широ Хара [7], позволяют конкурировать с гигантами электроники в т.ч. благодаря уменьшению размера пластин – основы ЭКБ. Ожидается, что они будут набирать вес и конкурентоспособность. Это обусловлено тем, что стоимость современных кремниевых фабрик-гигантов, которые ориентируются на увеличение диаметра пластин и снижение проектных топологических норм, достигает десятков млрд долл. и продолжает расти. По мере миниатюризации продукции растет также стоимость фотошаблонов и оборудования для литографической обработки пластин. Стоимость разработки техпроцессов для новых субмикронных технологий также растет ускоренными темпами. Новому суперзаводу необходимо еженедельно производить пластины почти на 20 млн долл. в течение 10 лет, чтобы обеспечить окупаемость инвестиций. А по оценкам аналитиков PricewaterhouseCoopers⁶ средняя стоимость чипа, созданного на технологиях 3 нм, в 8 раз больше 45-нм чипа.

Российский рынок изделий электронной техники, особенно в условиях санкций, пока не позволяет рассчитывать на мировой рынок сбыта. Для российской РЭП перспективным решением может стать создание недорогих и маневренных производственных линий обработки пластин диаметрами 100, 150 и 200 мм. Снижение диаметра пластин приведет к снижению производительности фабрик и повышению стоимости обработки единицы площади пластины. Однако такие решения становятся весьма конкурентоспособными для средне- и мелкосерийного производства, которое сейчас не вписывается в концепцию суперфабрик, т.к. стоимость самой линии значительно уменьшается.

Для такого производства требуется оборудование, которое формируется по модульному принципу, может работать в одну или две смены, а не непрерывно, что обеспечивает серьезную инвестиционную и операционную экономию. Сейчас получается, что время полезной работы передовых литографических систем голландской компании ASML⁷ составляет порядка 50–60%, остальное время – это сервисные и восстановительные работы – фактически простой. Стоимость таких машин составляет

⁶ Международная сеть аудиторских и консалтинговых фирм. <https://www.pwc.com/gx/en.html>. Дата обращения 01.04.2026. [International network of audit and consulting firms. <https://www.pwc.com/gx/en.html>. Accessed April 01, 2026.]

⁷ Производитель литографического оборудования для микроэлектронной промышленности. <https://www.asml.com/en>. Дата обращения 01.04.2026. [Manufacturer of lithographic equipment for the microelectronics industry. <https://www.asml.com/en>. Accessed April 01, 2026.]

⁵ <http://www.kremlin.ru/events/president/news/60836>. Дата обращения 01.04.2026. / Accessed April 01, 2026.

около 300–400 млн долл., что существенно влияет на себестоимость продукции.

Концепция минифабрик существенно снижает порог входа в индустрию всем желающим, что дает возможность рассматривать такое решение как потенциально экспортно востребованное. В технологический цикл производства пластин достаточно просто интегрируется оборудование для сборки интегральных микросхем и полупроводниковых приборов в различные типы корпусов. В результате формируются высокоэффективные и переналаживаемые гибкие производственные комплексы, включающие трек для нанесения и проявления фоторезистов, соответствующую контрольно-измерительную аппаратуру, а также линейку фоторезистов, проявителей, антиотражающих покрытий. Таким образом, реализуется завершённый цикл – от пластины до корпусированного прибора. Соответственно, материалы и химия, а также средства проектирования и иное необходимое промышленное программное обеспечение должны идти в комплекте, формируя пакетное предложение по созданию такого производства вместе с типовыми проектными и инженерными решениями.

Параллельно с этим сами электронные устройства приобретают платформенно-модульную архитектуру, что усиливает конкурентоспособность таких фабрик. В рамках эволюции таких аппаратурных решений их загрузка становится постоянно прогнозируемой.

Начиная с 2021 г. в число приоритетов вошли вопросы электронного машиностроения. Это основа производительных сил электронной промышленности России. В 2024 г. успешно завершились испытания первой установки проекционной литографии на 350 нм, которая была создана в партнерстве с белорусским «Планаром»⁸. Уже заключены 2 контракта на серийные поставки этих машин. До конца нынешнего года должно быть готово следующее поколение литографов на топологии 130 нм, причем в устройстве будет использован российский эксимерный лазер. В этом году планируется разработка литографа на 90 нм. В 2025 г. были завершены разработки кластерных машин плазмохимического травления и осаждения, которые могут работать с пластинами диаметром 300 мм. Стратегия в отрасли может быть кратко сформулирована в виде формулы «технология – оборудование – химия – материал». Это основа суверенитета РЭП.

⁸ Разработчик специализированного технологического оборудования для реализации технологий в микроэлектронике. <https://planar.by/>. Дата обращения 01.04.2026. [A developer of specialized technological equipment for the implementation of technologies in microelectronics. <https://planar.by/>. (In Russ.). Accessed April 01, 2026.]

Отдельное внимание уделяется переработке отслужившей свой срок продукции. Развитие технологий возобновления, вторичного использования ресурсов обладает существенной перспективой. Например, стоимость извлекаемых из электронного лома ценных материалов может составлять до 350 млрд руб. в год. Преимуществ у такой формы организации электронного производства существенно больше, и необходимо все их рассматривать с точки зрения стратегического планирования. Разворачивающаяся поэтапно цифровизация всех воспроизводственных и управленческих процессов вступила в фазу промышленной эксплуатации искусственного интеллекта и создания умных переналаживаемых производственных систем.

Перечисленные и другие технологические проорывы дополняются весьма значимыми организационными феноменами.

Искусственный интеллект [8] пока является лишь новой, более совершенной формой алгоритмической обработки накопленных человечеством знаний. Но перспективы его применения в производственных процессах трудно представить в полном объеме. Он может стать всеобъемлющим навигатором, освобождающим специалистов от переработки уже известных фактов и решений и раскрывающим простор для креативной творческой деятельности людей. Яркий аналог из истории – это луддитское движение против применения машин. В результате не машины «подмяли» рабочих, а рабочие стали использовать машины для целей роста своего благосостояния. Сейчас складывается аналогичная ситуация с роботизацией. Введение в классическую структуру «машины», против которой были луддиты, состоящую из «двигателя», «передаточного устройства» и «рабочего органа», четвертого элемента – «управляющего устройства» – также многих пугает сокращением рабочих мест. Однако уже сейчас ясно, что роботизация воспроизводственных процессов в реальном секторе производства позволит высвободить «человеческий капитал» для решения творческих, креативных задач развития человечества в шестом технологическом укладе [9] или в Индустрии 4.0 [10].

Сейчас уже сложилось четкое понимание различия искусственного и естественного, человеческого интеллекта. Искусственный интеллект получил прилагательное «искусственный», т.к. он сейчас и, по всей вероятности, в будущем будет с высоким качеством обрабатывать массивы накопленной человечеством информации. Естественный интеллект человека также до сих пор вынужден был заниматься этой рутинной работой и стремился получать синергетический результат из имеющихся знаний. Однако в сфере индукции естественные человеческие способности уже бесконечно проигрывают компьютерным

алгоритмам. Наряду с индукцией существующих знаний отдельные ученые время от времени проникали в сферы принципиально новых и неизведанных ранее знаний, дедуктивно осозная предмет исследования в целости и многообразии. Они их формулировали на привычном языке формул и трехмерных моделей и становились в ряд гениев. Началось все с основателя науки Г. Трисмегиста [11], к которому присоединились Аристотель, Платон, Кеплер, Эйнштейн, Менделеев и многие другие. На этом примере четко видно разделение функций между искусственным и естественным интеллектом.

Таким образом, можно сформулировать *стратегическую цель развития электроники – всемерное развитие вычислительных и аналитических компьютерных программ искусственного интеллекта для расширения пространства творческой деятельности людей при сохранении абсолютного контроля над создаваемыми алгоритмами* [12]. Данный технологический тренд приведет к качественно новому уровню автоматизации полного цикла воспроизводственных процессов, оптимизации кооперационных связей внутри отрасли и между смежными отраслями. Общая эффективность производства будет возрастать благодаря многопараметрическому прогнозированию как технологического развития, так и рынка конечной продукции РЭП. Современные цифровые технологии и практика маркировки продукции приведут к скачку качества электронной продукции. Будущие «интеллектуальные» самовоспроизводящиеся системы приведут к трансформации не только производственных, но и всей совокупности социально-экономических отношений.

СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЮ СЕГОДНЯШНЕГО ДНЯ

Методологические проблемы решения стратегических задач технологического развития РЭП подробно изложены в специальной монографии [12]. На практике же предстоит гигантская работа, целью которой является преобразование системы отраслевого управления в систему, которую обобщенно можно назвать «Цифровые двойники предприятий и организаций электронной и радиоэлектронной промышленности на платформе цифрового двойника РЭП».

Современные цифровые информационные и аналитические системы работают как сетевые с распределенным протоколом хранения информации. Такая структура информационного обмена доказала свою современность и эффективность. Конечной целью развития системы сбора, хранения и обработки информации для нужд органов государственного управления должно стать поэтапное создание цифровых двойников предприятий

и организаций реального сектора экономики и цифровых двойников сложной продукции на платформе цифрового двойника отрасли. В такой системе все повторяющиеся информационные процессы будут автоматизированы в рамках протокола M2M (machine-to-machine), т.е. межмашинного общения.

Сразу следует оговориться, что перевод управления на технологии цифровых двойников несколько не умаляет значения высококвалифицированных управленцев. Аппаратно-программный комплекс «Цифровые двойники», безусловно, высвободит значительный объем времени, которое сейчас приходится управленцам тратить на выполнение рутинных операций от сбора первичной информации до ее верификации и структуризации с целью выработки управленческих решений. Этого времени современным управленцам катастрофически не хватает для осуществления комплексной всеобъемлющей оптимизации отраслевого воспроизводства и формирования динамических планов решения стратегических задач отрасли, таких как ликвидация технологического отставания российского производства, эффективное импортозамещение, своевременное внедрение результатов прикладных исследований и разработок и т.д. В этом направлении работы не просматривается ни доминирования искусственного интеллекта, ни опасности технологической сингулярности. Без участия высококвалифицированных управленцев система управления на мезоуровне [13] будет нежизнеспособной.

В основе управленческой пирамиды будут располагаться цифровые двойники предприятий и организаций отрасли. Как люди-управленцы, так и цифровые двойники будут оперировать массивами производственно-хозяйственной и финансово-экономической информации о воспроизводстве в электронной отрасли. Причем, если сравнивать массивы информации, доступные для обработки даже самыми квалифицированными управленцами, с массивами информации, которыми может оперировать цифровой двойник, то метрически это бесконечная несопоставимость. И разрыв будет лавинообразно нарастать, но это не страшно, а весьма полезно для лиц, принимающих управленческие решения, т.к. они все больше будут освобождаться от рутины.

Раньше объектом стратегического планирования было народное хозяйство страны. Воспроизводственный цикл рассчитывался в двух основных укрупненных форматах: отраслевом и территориальном. Это позволяло без вычислительных мощностей получать два плановых вектора показателей экономики, сравнение которых обеспечивало верификацию или уточнение использованных методов. Проводились неоднократные итерационные пересчеты, которые в конце концов давали приемлемый и правдоподобный вариант

стратегической цели в конкретных показателях. Это была вынужденная методология, связанная с отсутствием современных цифровых инструментов. В настоящее время объектом стратегического планирования можно избрать значительно больший круг воспроизводственных отношений. В самом общем виде такой объект можно назвать «Экосистема электронной и радиоэлектронной промышленности».

Экосистему РЭП можно представить как сложную сеть программно-взаимосвязанных и оцифрованных участников (акторов), процессов, технологий и инфраструктуры, которые взаимодействуют для создания, производства и распространения электронной продукции, включая ЭКБ и РЭП. Экосистема включает в себя компании, научные организации, государственные институты, поставщиков, потребителей и другие заинтересованные стороны.

Цифровой двойник отрасли промышленности, в данном случае РЭП, – это компьютерная модель, которая позволяет планировать, моделировать и оптимизировать работу предприятий отрасли и их взаимодействие, включая технологическую конкуренцию и производственно-хозяйственную кооперацию, а также обеспечивает динамическое формирование новых цепочек поставок для исполнения сложных заказов [14, 15]. В компьютерном плане – это платформа, которая формируется на мощном аппаратно-программном комплексе, на который «навешиваются» цифровые двойники объектов управления.

Цифровой двойник объекта управления – это киберфизическая система, которая расширена компьютерной моделью управляемого объекта, отражающая его состояние в любой выбранный момент времени и синхронизированная с фактическим состоянием физического объекта. Цифровой двойник объекта управления может быть использован для опережающего планирования и прогнозирования поведения объекта в будущем, а также моделирования поведения объекта при любых событиях. Типы цифровых двойников объектов управления быстро проходят эволюцию от «цифровых теней» реального объекта статистического наблюдения до формирования «когнитивных цифровых двойников» предприятий и организаций РЭП, построенных на основе технологий больших данных, искусственного интеллекта.

Цифровой двойник предприятия – это онтологический двойник реального предприятия или организации, основанный на онтологической базе знаний.

Реальные предприятия электроники и их цифровые двойники связаны в технологические воспроизводственные цепочки, в начале которых стоят исходные материалы, а в конце – конечная продукция. В цифровом варианте такие цепочки должны быть представлены в виде «продуктовых графов». Это кибернетический объект, который в цифровом виде отображает отношения между

компонентами продукции, расположенными в вершинах графа (объектов), через ребра (производственно-хозяйственные связи). Введение тотальной маркировки электронной продукции⁹ в совокупности с построением продуктовых графов позволит не только контролировать качество конечной продукции, но и моментально фиксировать виновников брака. Такой подход позволит в оперативном режиме встраивать внутри продуктовых графов частичные результаты законченных научно-исследовательских и опытно-конструкторских и технологических работ (НИОКТР), что многократно ускорит технологическое развитие отрасли и гарантирует качество продукции РЭП.

Таким образом, цифровая система подготовки принятия отраслевых управленческих решений может быть обобщенно названа цифровой моделью РЭП, которая включает три взаимосвязанных модуля: информационно-справочную систему, блок аналитического имитационного моделирования и цифровой «интеллектуальный» голосовой интерфейс. По мере развития такой системы осуществляются интенсивный и экстенсивный процессы ее совершенствования.

Сейчас такая модель обобщенно называется киберфизической системой. Это компьютерная система, в которой интегрируются средства для получения первичных данных из баз данных, с датчиков и сенсоров; вычислительные средства для выполнения компьютерных расчетов, передачи и обработки данных и управления физическими процессами с помощью исполнительных механизмов; средства коммуникации с пользователями и лицами, принимающими решения.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Стратегическое планирование такой специфической отрасли, как РЭП, имеет еще один важный аспект. Российская промышленность является предельно сложной системой воспроизводства, а традиционные ручные методы управления ею не дают синергетического роста эффективности и снижения сложности кругооборота управленческой

⁹ Постановление Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2025 г. № 1954 «Об утверждении Правил маркировки отдельных видов радиоэлектронной продукции средствами идентификации и особенностях внедрения государственной информационной системы мониторинга за оборотом товаров, подлежащих обязательной маркировке средствами идентификации, в отношении отдельных видов радиоэлектронной продукции». <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202511290036>. Дата обращения 01.04.2026. [Resolution of the Government of the Russian Federation of November 28, 2025 No. 1954 “On approval of the Rules for marking certain types of radio-electronic products with identification means and the specifics of the implementation of the state information system for monitoring the circulation of goods subject to mandatory marking with identification means, in relation to certain types of radio-electronic products.” <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202511290036>. (In Russ.). Accessed April 01, 2026.]

информации. Поэтому объективно накопились количественные изменения, которые необходимо трансформировать в качественный скачок в системе мезо- и макроэкономического управления [16].

В сложной системе российской экономики выделены отдельные отрасли, имеющие сквозной функциональный характер для всей экономики (транспорт, связь, финансы...). Радиоэлектронная промышленность имеет аналогичный функционал, но она встроена в конгломерат, именуемый «промышленность и торговля».

Макроэкономическая роль электроники по сравнению с 1990-ми гг., когда она была объединена в самостоятельное министерство, неизмеримо возросла. В стратегической перспективе электроника станет доминирующим фактором во всех сферах государства. Эти тенденции говорят о необходимости выделения РЭП в самостоятельную отрасль, как это было сделано в 1960-е гг. в экономике Советского Союза. Тогда данная организационная мера в совокупности с разработкой и утверждением Генеральной схемы развития и размещения производительных сил на стратегическую перспективу позволила экономике страны достичь в электронике паритета с мировыми лидерами [17]. Данный опыт не следует сбрасывать со счетов.

Отраслевое самоопределение электронной промышленности позволит в рамках технологии больших данных сформировать динамически обновляемые классификаторы, начиная от закрытого перечня предприятий и организаций РЭП, а также классификаторы оборудования, кадрового обеспечения, продукции как в подотраслевом разрезе, так и с пониманием локализации ее производства благодаря разворачиваемой сейчас системе маркировки продукции.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ МЕТОДОВ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ

Система сбора и обработки данных

Внедрению столь масштабной системы управления должна предшествовать полномасштабная инвентаризация предприятий и организаций отрасли [18]. По мере создания в отрасли достоверной базы данных и базы знаний должен быть создан и «допущен» к обучению цифровой двойник РЭП. В ходе освоения руководителями предприятий РЭП цифровых технологий в управлении к этой платформе будут подключаться предприятия и организации РЭП всех форм собственности и организационно-правовых форм. Синергетический эффект от таких организационных преобразований будет получен уже на этапе создания системы, включающей 50–100 крупнейших предприятий отрасли,

и продолжит нарастать по мере управленческо-информационной интеграции предприятий РЭП.

В существующих нормативных документах, определяющих фундамент управления экономикой, понятие «информация», которая является отправной точкой любого управленческого решения, используется слишком общо, без строгой топологии (формата каждого показателя) и метрики (атрибутов, отражающих объем или динамику процессов, характеризующих конкретным показателем). Поэтому необходимо уточнить, что информация для целей моделирования процессов принятия решений в отрасли должна быть *достоверной, сравнимой и сопоставимой*, а методология получения сведений от первичного источника должна быть единой для всех агрегируемых показателей [19]. Без выполнения этих базовых обязательных условий агрегирование показателей предприятий и организаций в обобщающие отраслевые показатели с научной точки зрения является неадекватным и содержит системные ошибки, мультипликация которых делает информацию, агрегированную из нескольких несравнимых и несопоставимых показателей, недостоверной.

Не вдаваясь в тонкости науки статистики, выделим лишь самые общие, но абсолютно неустраняемые требования к собираемой производственно-хозяйственной и финансово информации. Первичной является информация, полученная непосредственно от объекта статистического наблюдения. Раньше ее собирали соответствующие службы предприятий и первичные статистические управления по всей стране. Теперь возможна автоматизация сбора любой производственно-хозяйственной и финансово-экономической первичной информации с помощью так называемых киберфизических агентов.

Достоверной может быть такая и только такая агрегированная информация, истинность которой можно проверить на основе развертывания первичных данных, полученных непосредственно от объекта статистического наблюдения. Для нужд отраслевого управления первичная информация агрегируется в форматы обобщающих показателей, но «родовой след» каждого из обобщаемых показателей всегда можно проследить до уровня предприятия или организации. Агрегированный отраслевой показатель до последней запятой должен быть равен сумме аналогичных показателей предприятий и организаций отрасли. Если возникло отклонение, то требуется специальное рассмотрение причин несоответствия. Такое возможно. Поэтому показатель именуется агрегированным, а не суммарным. Однако факт отклонения и его причины должны получить строгую статистическую оценку и при необходимости корректироваться.

Сравнимой может считаться такая агрегированная информация, которая была получена на основе единой методологии сбора и обработки первичных

данных. Категорически нельзя агрегировать, например, показатели, полученные непосредственно прямым статистическим наблюдением, и показатели, полученные тем или иным аналитическим способом или методом случайного опроса. Это порождает систематические ошибки в статистике, недопустимые при выработке управленческих решений в целом и стратегических решений в особенности.

Сравнимость информации характеризует имманентные свойства – «качество» самой информации, тогда как сопоставимость агрегированной информации показывает допустимость и корректность сопоставления аналогичных по названию показателей в динамическом ряду. Это необходимо для распознавания экстенсивных и интенсивных факторов, влияющих на агрегируемые показатели. Например, из года в год меняется число предприятий электроники, и изменяется результативность работы каждого из них. Поэтому необходимо выделять части изменения показателя (роста или уменьшения), связанные с изменением числа объектов статистического наблюдения и с фактором улучшения или ухудшения работы предприятий. Кроме того, все агрегируемые показатели должны фиксироваться на одну и ту же дату получения первичной информации и учитываться за сопоставимый период учета. Это только самые общие неустраняемые требования к управленческой информации. Более тонкие статистические настройки требуют более тщательного анализа первичных показателей.

Статистическое наблюдение имеет и много других важных ограничителей и критериев, которые оставим для специалистов. Здесь лишь обозначим проблему, что для планирования, особенно на стратегическую глубину, показатели, да и в целом вся информация, используемая в имитационной модели, должна быть максимально адекватной фактическому состоянию каждого предприятия и отрасли в целом, как в метрическом, так и в динамическом аспектах.

База знаний и онтологии

Способность современных алгоритмов (так называемые большие языковые модели) распознавать и обрабатывать не только цифры, но и тексты, опирается на научный метод информационной онтологии. Это методология онтологического описания качественных параметров явлений, процессов или структур, например оборудования, предприятий и организаций РЭП, с акцентом на основные свойства в формате «акторов», «коллекций», «структуры» и «атрибутов», которые используются в дальнейшем моделировании [20].

Агенты мультиагентной модели

Цифровые технологии позволяют учитывать постоянно возрастающее число факторов, параметров, внешних возмущающих воздействий и т.д., интегрируя

их в модель стратегического планирования путем подключения все большего числа модулей (агентов). Агент (модуль) – это автономное программное обеспечение, способное в рамках закрепленных за ним функций анализировать собираемую информацию, оптимизировать решения, взаимодействовать и вести переговоры с другими агентами (М2М), информировать лиц, принимающих решения, о результатах своих действий, выдавать рекомендации и учитывать обратную связь со всеми живыми и автоматизированными контрагентами. Агент способен не только выполнять однажды запрограммированные задания, но и постоянно обучаться. Цифровые технологии позволяют автоматизировать полный цикл рутинных и повторяющихся факторов и в порядке комбинаторики рассчитывать множество возможных итоговых значений.

Инструменты визуализации

Обладея практически всей метрической и онтологической информацией о воспроизводственном процессе в отрасли, управляющая подсистема может формировать наглядные графики, которые также будут использоваться в процедурах стратегического управления РЭП.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате поэтапного внедрения цифрового двойника РЭП ожидаются следующие результаты:

1. Обеспечение безопасности системы благодаря эшелонированной подсистеме авторизации пользователей.
2. Создание цифровой отраслевой корпоративной площадки для взаимодействия всех авторизованных участников воспроизводства в электронике, которую можно обобщенно назвать «Государственная информационная система промышленности (электроника)» – ГИСПЭ.
3. Создание динамически поддерживаемого цифрового классификатора предприятий РЭП, актуальность которого будет непрерывно поддерживаться «интеллектуальным» агентом.
4. Создание цифрового классификатора продукции РЭП в разрезе основных подотраслей и увязка его с механизмом маркировки продукции и ее компонент.
5. Создание классификатора технологий РЭП, который в онлайн-режиме будет показывать относительные технологические уровни российских и иностранных производителей и их динамику.
6. Создание динамически поддерживаемого классификатора персонала РЭП, увязанного цифровыми алгоритмами с существующими системами подготовки и повышения квалификации кадров, а также с персональными карьерограммами.

7. Создание достоверной исчерпывающей статистической базы по РЭП с инструментом ее «интеллектуальной» верификации, обработки и визуализации.
8. Введение в эксплуатацию цифрового «интеллектуального» агента, который будет верифицировать все сведения в системе в онлайн-режиме 24/7.
9. Аналитический блок в формате модели цифрового двойника РЭП будет рассчитывать все варианты последствий управленческих и технологических решений и предлагать несколько сценариев стратегических действий для оптимизации конечного результата.
10. Модель цифрового двойника РЭП будет непрерывно фиксировать баланс/дисбаланс не только в целом по отрасли, но и в разрезе отдельных номенклатурных позиций производства благодаря оцифрованным продуктовым графам.
11. Продуктовые графы позволят не только поддерживать в актуальном конкурентоспособном состоянии показатель себестоимости продукции РЭП благодаря строгой увязке натуральных пропорций производства, но и проводить в онлайн-режиме функционально-стоимостной анализ «цена – качество», что снизит нагрузку на бюджет.
12. Модель цифрового двойника РЭП, развернутая до мощности генеральной схемы развития и размещения производительных сил, обеспечит эшелонированную связку НИОКР и производства на 10–15 лет.
13. Все отраслевые агрегированные показатели будут программно связаны с фактическими первичными показателями предприятий и организаций РЭП, что позволит адресно выявлять виновников сбоев воспроизводства и устранять причины.
14. Всеобъемлющим обобщающим показателем эффективности воспроизводственного цикла электронной продукции будет не только производство, но и учет всей социально значимой цепочки «разработка изделия – ресурсно-материальное обеспечение его воспроизводства – производство изделий, максимально соответствующих требованиям потребителей – эксплуатационное и ремонтное обеспечение – безопасная для природы утилизация».

ВЫВОДЫ

Разработанная в России в концептуальном варианте представленная модель стратегического планирования и управления позволит после ее внедрения в упреждающем варианте реагировать на возникающие риски и вызовы развития отрасли, преодолеть технологическое отставание российской электроники, дефицит высококвалифицированных кадров, уйти от зависимости импорта критической электроники в условиях санкционной агрессии.

Генеральная схема развития и размещения производительных сил РЭП даст возможность проведения эффективных НИОКР и развития собственных технологий в интеграции с подготовкой квалифицированных кадров, ориентированных на новый технологический уровень, создаст условия для формирования, развития и укрепления макрорегиона из дружественных стран, будет способствовать возникновению альтернативных производственных и поставочных цепочек, что увеличит массовость и эффективность производства.

Такая модель цифровизации отрасли будет иметь перспективу масштабирования для целей управления всей экономики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шваб К., Маллере Т. *Covid-19: Великая перезагрузка*. Форум; 2020, 262 с.
2. Виндж В. *Сингулярность*: пер. с англ. М.: АСТ; 2019, 224 с. ISBN 978-5-17-114349-7
3. Курцвейл Р. *Революция разума: на подступах к Сингулярности. Как технологии изменят общество и сознание*. М.: Эксмо, БОМБОРА; 2025, 661 с. ISBN 978-5-04-228765-7
4. Печчи А. Вызов 70-х годов современному миру. Тема для дискуссии. В сб.: *Римский клуб. История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы*; под ред. Д.М. Гвишиани. М.: УРСС; 1997, 384 с. ISBN 5-88417-100-5
5. Кондратьев Н.Д. *Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения*: Междунар. фонд Н.Д. Кондратьева и др. М.: Экономика; 2002, 550 с. ISBN 5-282-02181-1
6. Ковальчук М.В. *Идеология природоподобных технологий*. М.: Физматлит; 2021, 329 с. ISBN 978-5-9221-1931-3
7. Hara Sh. *Minimal FAB. Fab System Research Consortium*. AIST, Japan. 2010.
8. Маленков Ю.А., Давыдова А.Э. Возможности применения цифровых технологий в стратегическом планировании и прогнозировании устойчивого развития организаций. *Молодой ученый*. 2021;14(356):84–89. <https://elibrary.ru/zrjnia>
9. Глазьев С.Ю. Новые подходы к организации предприятий в условиях смены технологического и мирохозяйственного укладов. В сб.: *Стратегическое планирование и развитие предприятий*: пленарные доклады Двадцатого Всероссийского симпозиума; под ред. чл.-корр. РАН Г.Б. Клейнера. М.: ЦЭМИ РАН; 2019. С. 7–18.

10. Шпак В.В. *Развитие электронной промышленности в условиях меняющегося мира*. М.: Техносфера; 2024, 128 с. ISBN 978-5-94836-708-8
11. Дясин Г.Г. *Азбука Гермеса Трисмегиста или молекулярная тайнопись мышления*. М.: Белые альвы; 2002, 141 с. ISBN 5-7619-0126-9
12. Шпак В.В. Стратегическое планирование в современных условиях. В сб.: *Государственное управление в новых геополитических и геоэкономических условиях*: Материалы XIX международной конференции. МГУ, 5–9 декабря 2022 г. М.: КДУ, Добросвет; 2023. С. 130–136. <https://elibrary.ru/lehfav>
13. *Мезоэкономика: состояние и перспективы*: монография; под ред. Маевского В.И. М.: Институт экономики Российской академии наук; 2018, 314 с. ISBN 978-5-9940-0642-9
14. Скобелев П.О. Мультиагентные технологии в промышленных применениях: к 20-летию основания Самарской научной школы мультиагентных систем. *Мехатроника, автоматизация, управление*. 2010;12:33–46. <https://elibrary.ru/nblbbh>
15. Шпак В.В. Основы мультиагентной планово-логистической модели управления воспроизводственным циклом отрасли в режиме «онлайн». *Фундаментальные исследования*. 2022;3:146–155. <https://doi.org/10.17513/fr.43229>
16. Шпак В.В. Формирование организационно-управленческой модели реализации «Стратегии развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года». *Вестник Челябинского государственного университета*. 2021;3(449):10–23. <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2021-10302>
17. Шокин А.А. *Министр невероятной промышленности СССР*. М.: Техносфера; 2007, 455 с. ISBN 978-5-94836-151-2
18. Шпак В.В. Инвентаризация электроники – фундамент прорыва в лидеры. *Russian Technological Journal*. 2025;13(4):135–148. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-4-135-148>
19. Симчера В.М. *Изобличая лживые цифры. Этюды о пирровых победах и потерях России*. Издательские решения; 2019, 357 с. ISBN 978-5-4496-4788-7
20. Шведин Б.Я. *Онтология предприятия: экспириентологический подход. Технология построения онтологической модели предприятия на основе анализа и структурирования живого опыта*. М.: ЛЕНАНД; 2010, 240 с. ISBN 978-5-9710-0308-3

REFERENCES

1. Schwab K., Malleret T. *Covid-19: Velikaya perezagruzka (Covid-19: The Great Reset)*. Forum; 2020, 262 p. (In Russ.).
2. Vinge V. *Singulyarnost' (Singularity)*: transl. from Engl. Moscow: AST; 2019, 224 p. (In Russ.). ISBN 978-5-17-114349-7
3. Kurzweil R. *Revolutsiya razuma: na podstupakh k Singulyarnosti. Kak tekhnologii izmenyat obshchestvo i soznanie (Revolution of the Mind: on the Approaches to the Singularity. How Technologies Will Change Society and Consciousness)*. Moscow: Eksmo, BOMBORA; 2025. 661 p. (In Russ.). ISBN 978-5-04-228765-7
4. Peccei A. The Challenge of the 1970s to the Modern World. Topic for Discussion. In: Gvishiani D.M. (Ed.). *The Club of Rome. History of Creation, Selected Papers and Speeches, Official Proceedings*. Moscow: URSS; 1997, 384 p. (In Russ.). ISBN 5-88417-100-5
5. Kondrat'ev N.D. *Bol'shie tsikly kon'yunktury i teoriya predvideniya (Large Cycles of Economic Conditions and the Theory of Foresight)*: International Fund of Kondratiev N.D., et al. Moscow: Ehkonomika; 2002, 550 p. (In Russ.). ISBN 5-282-02181-1
6. Koval'chuk M.V. *Ideologiya prirodopodobnykh tekhnologii (Ideology of Nature-Inspired Technologies)*. Moscow: Fizmatlit; 2021, 329 p. (In Russ.). ISBN 978-5-9221-1931-3
7. Hara Sh. *Minimal FAB. Fab System Research Consortium*. AIST, Japan. 2010.
8. Malenkov Yu.A., Davydova A.E. Possibilities of applying digital technologies in strategic planning and forecasting of sustainable development of organizations. *Molodoi uchenyi = Young Scientist*. 2021;14(356):84–89 (in Russ.). <https://elibrary.ru/zrjnia>
9. Glaz'ev S.Yu. New approaches to the organization of enterprises in the context of changing technological and world economic modes. In: Kleiner G.B. (Ed.). *Strategic Planning and Evolution of Enterprises: Materials of the 20th Russian Symposium*. Moscow: CEMI RAS; 2019. P. 7–18 (in Russ.).
10. Shpak V.V. *Razvitie elektronnoy promyshlennosti v usloviyakh menyayushchegosya mira (Development of the Electronics Industry in a Changing World)*. Moscow: Tekhnosfera; 2024, 128 p. (In Russ.). ISBN 978-5-94836-708-8
11. Dlyasin G.G. *Azbuka Germesa Trismegista ili molekulyarnaya tainopis' myshleniya (The ABCs of Hermes Trismegistus, or the Molecular Secret Writing of Thinking)*. Moscow: Belye al'vy; 2002, 141 p. (In Russ.). ISBN 5-7619-0126-9
12. Shpak V.V. Strategic planning in modern conditions. In: *Public Administration in New Geopolitical and Geoeconomic Conditions: Proceedings of the 19th International Conference*. Moscow State University, December 5–9, 2022. Moscow: KDU, Dobrosvet; 2023. P. 130–136 (in Russ.). <https://elibrary.ru/lehfav>
13. Maevskii V.I. (Ed.). *Mezoeconomika: sostoyanie i perspektivy: monografiya (Meso-economics: State and Prospects: monograph)*. Moscow: Institute of Economics, RAS; 2018, 314 p. (In Russ.). ISBN 978-5-9940-0642-9
14. Skobelev P.O. Multi-agent technology for industrial applications: towards 20 years anniversary of Samara scientific school of multi-agent systems. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*. 2010;12:33–46 (in Russ.). <https://elibrary.ru/nblbbh>
15. Shpak V.V. Fundamentals of a multi-agent planning and logistics model for managing the reproduction cycle of the industry in the “online” mode. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2022;3:146–155 (in Russ.). <https://doi.org/10.17513/fr.43229>
16. Shpak V.V. Formation of the organizational and managerial model for the implementation of the “Strategy for the Development of the Electronics Industry of the Russian Federation for the period up to 2030.” *Vestnik Chelyabinskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of Chelyabinsk State University*. 2021;3(449):10–23 (in Russ.). <https://doi.org/10.47475/1994-2796-2021-10302>

17. Shokin A.A. *Ministr neveroyatnoi promyshlennosti SSSR (Minister of Incredible Industry of the USSR)*. Moscow: Tekhnosfera; 2007, 455 p. (In Russ.). ISBN 978-5-94836-151-2
18. Shpak V.V. Electronics inventory as the foundation of breakthrough into global leadership. *Russian Technological Journal*. 2025;13(4):135–148. <https://doi.org/10.32362/2500-316X-2025-13-4-135-148>
19. Simchera V.M. *Izoblichaya Izhivye tsifry. Etyudy o pirrovyykh pobedakh i poteryakh Rossii (Exposing False Figures. Studies on Russia's Pyrrhic Victories and Losses)*. Izdatel'skie resheniya; 2019, 357 p. (In Russ.). ISBN 978-5-4496-4788-7
20. Shvedin B.Ya. *Ontologiya predpriyatiya: ehkspirientologicheskii podkhod. Tekhnologiya postroeniya ontologicheskoi modeli predpriyatiya na osnove analiza i strukturirovaniya zhivogo opyta (Enterprise Ontology: An Experiential Approach. Technology for Constructing an Enterprise Ontological Model Based on the Analysis and Structuring of Lived Experience)*. Moscow: LENAND; 2010, 240 p. (In Russ.). ISBN 978-5-9710-0308-3

Об авторе

Шпак Василий Викторович, к.э.н., доцент, кафедра наноэлектроники, Институт перспективных технологий и индустриального программирования, ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» (119454, Россия, Москва, пр-т Вернадского, д. 78). E-mail: morser@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0002-3548-1070>

About the Author

Vasily V. Shpak, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Department of Nanoelectronics, Institute for Advanced Technologies and Industrial Programming, MIREA – Russian Technological University (78, Vernadskogo pr., Moscow, 119454 Russia). E-mail: morser@yandex.ru. <https://orcid.org/0009-0002-3548-1070>