

Определение направлений обеспечения устойчивости и развития микроэлектронного производства на основе общей теории систем

А. А. Грибков¹, А. А. Зеленский²

^{1, 2} НПК «Технологический центр», Москва, Россия

¹ andarmo@yandex.ru

² zelenskyaa@gmail.com

Аннотация. Рассматривается проблема обеспечения устойчивости и развития микроэлектронной промышленности в России. Специфика указанной проблемы заключается в том, что необходимо предельно сократить количество производств и предприятий, вовлеченных в микроэлектронное и связанные с ним производства. В противном случае для формирования микроэлектронной промышленности потребуется развивать широкий спектр отраслей промышленности — часть из них связана с освоением высоких технологий, которыми Россия в настоящее время не обладает, а часть отраслей требует многократно увеличивать объемы производства. Способы решить проблему сокращения количества производств и предприятий, а также обеспечения устойчивости отрасли авторы ищут на основе эмпирико-метафизической общей теории систем. В арсенале данной теории — коллекции паттернов, т. е. шаблонов форм и отношений, широко распространенных в различных предметных областях. Чтобы оптимизировать образование микроэлектронной отрасли, авторы предлагают использовать паттерн структурообразования, а чтобы обеспечить устойчивость отрасли — паттерны дополнительных степеней свободы, паттерны фиксации и минимизации действий, паттерны внешней стабилизации. В статье рассмотрена практическая реализация указанных паттернов.

Ключевые слова: микроэлектронное производство, промышленность, устойчивость, развитие, общая теория систем, паттерны

Для цитирования: Грибков А. А., Зеленский А. А. Определение направлений обеспечения устойчивости и развития микроэлектронного производства на основе общей теории систем // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2023. № 3 (39). С. 23—32. <https://doi.org/10.24151/2409-1073-2023-3-23-32> EDN: FTGKWP.

Original article

Defining directions for sustainability and development of microelectronic production based on general systems theory

A. A. Gribkov¹, A. A. Zelensky²

^{1, 2} SMC “Technological Centre”, Moscow, Russia

¹ andarmo@yandex.ru

² zelenskyaa@gmail.com

Abstract. The authors deal with the problem of ensuring sustainability and development of the microelectronic industry in Russia. The specific of this problem is the need to reduce the number of industries and enterprises involved in microelectronics and related production as much as possible. Otherwise, the development of the microelectronic industry will require the development of a wide range of industries, some of which are related to the development of high technology, which Russia does not possess at present, while some of the industries require a multiple increase in production volumes. Determination of directions to solve the problem of reducing the number of industries and enterprises, as well as ensuring the sustainability of the industry is based on the empirical and metaphysical general systems theory. This theory has in its arsenal collections of patterns — patterns of forms and relations, widely spread in various subject areas. To optimize the formation of the microelectronic industry, the authors propose to use the pattern of structure formation, and to ensure the stability of the industry, the patterns of additional degrees of freedom, patterns of fixation and minimization of actions, and patterns of external stabilization. The practical implementation of these patterns has been considered.

Keywords: microelectronic production, industry, sustainability, development, general systems theory, patterns

For citation: Gribkov A. A., Zelensky A. A. “Defining Directions for Sustainability and Development of Microelectronic Production Based on General Systems Theory”. *Economic and Social Research* 3 (39) (2023): 23—32. (In Russian). <https://doi.org/10.24151/2409-1073-2023-3-23-32> EDN: FTGKWP.

Введение

Одна из приоритетных отраслей промышленности России, от развития которой зависит технологическая безопасность, обороноспособность и глобальная конкурентоспособность страны, — микроэлектронная отрасль.

В настоящее время микроэлектронная промышленность России характеризуется крайне малыми объемами производства и су-

щественным технологическим отставанием от ведущих стран мира [6; 8]. Объем российского производства микроэлектронной продукции составляет всего около 25 млрд руб. в год, объем потребления — около 150 млрд руб.¹ Среднемировой показатель доли микроэлектронного производства в электронной промышленности — около 17 % (552,9 млрд долл.²

¹ Княжанина Е., Исакова А. На модернизацию российской микроэлектроники нужно почти 800 млрд рублей [Электронный ресурс]: «Ростех» разработал дорожную карту развития отрасли // Ведомости: [сетевое издание]. 2020. 7 сентября. URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2020/09/07/838963-modernizatsiyu-mikroelektroniki> (дата обращения: 24.08.2023).

² Rapp H. P., Möbert J. Extraordinary semiconductor cycle triggered by one-time events, cyclical and geopolitical effects [Электронный ресурс] // Deutsche Bank Research: [портал] / Deutsche Bank. 2022. May 5. URL: https://www.dbresearch.com/PROD/RPS_EN-PROD/PROD000000000522983/Extraordinary_semiconductor_cycle_triggered_by_one.pdf (дата обращения: 24.07.2023).

от 3,18 трлн долл.³ в 2021 г.). В России доля микроэлектронного производства в электронной промышленности — около 1 % (25 млрд руб. от 2,42 трлн руб. в 2020 г.)⁴. Российский рынок микроэлектронной продукции составляет всего 3,7 % от всего рынка электронной продукции (4,06 трлн руб.)⁴.

Принимая во внимание крайне малый текущий объем микроэлектронного производства в России, задача по *развитию* отрасли фактически становится задачей по *созданию* новой, ранее отсутствовавшей отрасли.

Значимая специфическая особенность микроэлектронной промышленности, как и других высокотехнологичных производств, — широкая интеграция с множеством связанных отраслей. Изделия микроэлектронной отрасли требуют использования десятков тысяч комплектующих, сотен видов технологического оборудования. В результате развитие микроэлектронной отрасли в огромной степени зависит от доступности необходимых комплектующих и оборудования, которые можно найти на мировом или внутреннем рынке.

Сейчас Россия находится в политической и экономической конфронтации с ведущими странами мира (т. е. с США и аффилированными им странами). Эта конфронтация, среди прочего, затрагивает полупроводниковую продукцию и оборудование для ее производства. В таких условиях потребности отечественной микроэлектронной промышленности могут быть надежно обеспечены только за счет собственного производства комплектующих и оборудования. Для этого необходимо развивать множество отраслей, таких как:

1) химическая промышленность — в том числе производство сверхчистого кремния

и других полупроводниковых материалов, фоторезистов, проявителей и других реактивов для фотолитографии, сверхчистых инертных газов и т. д.;

2) металлургия — в том числе производство сверхчистых металлов, в частности меди, галлия, теллура, индия, ниобия, тантала, редкоземельных металлов и т. д.;

3) электронное машиностроение, обеспечивающее микроэлектронную отрасль необходимым технологическим оборудованием.

На практике реализация планов по развитию широкого спектра отраслей промышленности (часть из них связана с освоением высоких технологий, которыми Россия в настоящее время не обладает, а часть требует многократно увеличить объемы производства) представляется едва ли возможной. В связи с этим становится актуальной задача предельно сократить количество производств и предприятий, вовлеченных в микроэлектронику и связанные с ней производства. Ответ на вопрос о том, каким образом этого можно достичь, может дать общая теория систем.

Общая теория систем [1; 2; 7; 9; 10] представляет собой инструмент познания, основанный на использовании изоморфизмов — свойства подобия форм и законов, реализующихся в различных предметных областях, на различных уровнях организации мироздания. Перспективным вариантом общей теории систем выступает эмпирико-метафизическая общая теория систем (ЭМОТС); согласно ей, для познания мира можно использовать дедуктивный подход, отталкивающийся от некоторых первичных свойств бытия: они могут быть заданы «чистым разумом» (априорно) либо определены

³ Production forecasts for the global electronics and information technology industries [Электронный ресурс] // Japan Electronics and Information Technology Industries Association (JEITA): [сайт]. 2020. Dec. 16. URL: <https://www.jeita.or.jp/english/press/2020/1216.pdf> (дата обращения: 24.07.2023).

⁴ Основные результаты деятельности Минпромторга России за 2019 и 2020 годы [Электронный ресурс] / Минпромторг России // НАНГС — Национальная Ассоциация нефтегазового сервиса: [сайт]. URL: <https://nangs.org/docs/minpromtorg-rossii-osnovnye-rezultaty-deyatelnosti-minpromtorga-rossii-za-2019-i-2020-gody-pdf> (дата обращения: 24.07.2023).

индуктивно и традуктивно исходя из эмпирических знаний о мире [5].

Один из основных инструментов ЭМОТС — коллекции паттернов, т. е. шаблонов форм и отношений, широко распространенных в различных предметных областях. Для решения задачи, поставленной в данной статье, основной интерес представляют *паттерны образования систем* и *паттерны устойчивости систем*. В контексте этой задачи

Оптимизация образования микроэлектронной отрасли

Задача минимизации числа предприятий и производств, вовлеченных в микроэлектронную отрасль и связанные с ней отрасли-поставщики, представляет собой задачу по оптимизации образования системы, складывающейся из указанных отраслей. Паттерны образования систем, имеющиеся в коллекции ЭМОТС, отражают широкое разнообразие механизмов, реализуемых при формировании систем. С учетом задачи оптимизации (по критерию минимизации числа предприятий и производств), выбор паттерна образования систем очевиден: это паттерн структурообразования [3], предполагающий постепенный (пошаговый) рост системы, которая при этом в каждый момент времени устойчива и самодостаточна, т. е. включает в себя все элементы, необходимые для того, чтобы она выполняла свое функциональное назначение.

Таким образом, необходимо формировать микроэлектронную отрасль согласно паттерну структурообразования, т. е. постепенно, поэтапно расширять комплекс используемых технологий и образовывать интеграционные связи. Паттерн структурообразования не самый эффективный, но в процессе воплощения он оказывается наиболее устойчивым. Именно поэтому он лежит в основе биологической эволюции.

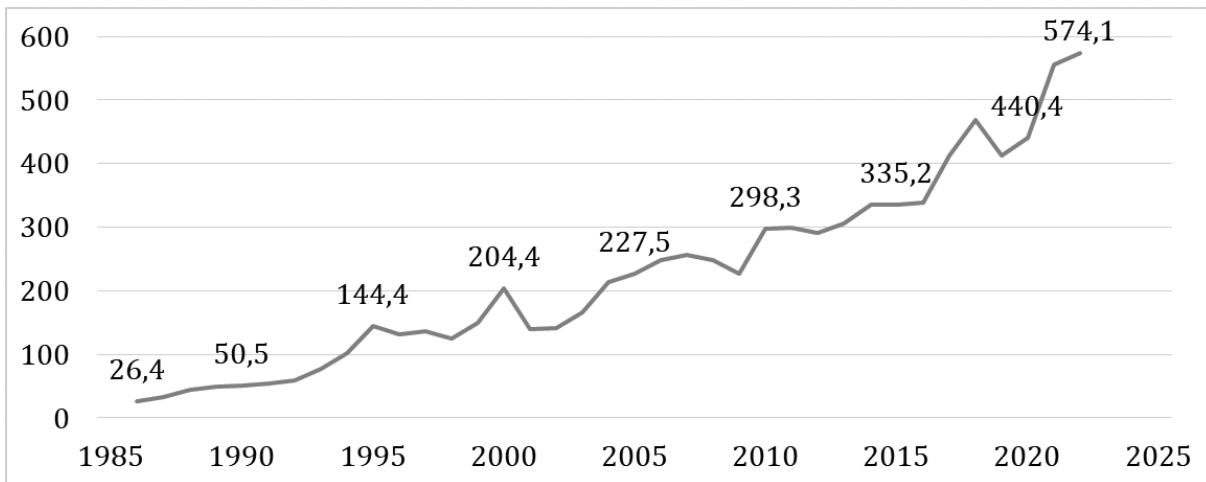
Опыт формирования микроэлектронного производства в отдельных странах (нынешних лидерах мировой микроэлектронной промышленности) не может быть

образование системы (микроэлектронной промышленности и комплекса связанных с ней отраслей-поставщиков) должно обеспечивать минимизацию числа вовлеченных в нее предприятий и производств, а устойчивость системы должна служить сохранению системы в условиях указанной минимизации, влекущей за собой снижение эффективности микроэлектронной отрасли и связанных с ней отраслей-поставщиков.

использован в России. Развитие производства в них не изолировалось, не базировалось преимущественно на собственном технологическом и производственном потенциалах, а было интегрированным в рамках международного разделения труда, при котором аффилированность Соединенным Штатам Америки большинства стран, участвующих в этой интеграции, делала его стабильным и не предполагала влияния внутренних неэкономических факторов — например, геополитической конкуренции, выливающейся в экономическую конфронтацию. Современная Россия не входит в указанную мировую систему микроэлектронного производства, где ядро — США и куда также входят Южная Корея, Япония, Германия, Тайвань и др.

Прототипом российской микроэлектронной промышленности должна стать мировая микроэлектронная промышленность середины 1980-х гг. с суммарным объемом производства 25—35 млрд долл. / год (см. рисунок). Естественно, при этом необходимо внести соответствующие поправки и коррективы, отражающие современный уровень развития технологий (в той мере, в которой они не требуют расширения числа производств и предприятий) и специфику потребностей России в микроэлектронной продукции.

Текущий объем потребления микроэлектронной продукции в России существенно меньше, чем указанные 25—35 млрд долл. общемирового потребления в середине



Объем мирового рынка микроэлектронной продукции в 1986—2022 гг., млрд долл.⁵

1980-х гг., и (по разным оценкам) составляет 2,0—2,5 млрд долл. Развитие микроэлектронной промышленности России до среднемирового уровня, соответствующего масштабам электронной промышленности России, предполагает в среднесрочной перспективе многократный рост объемов отечественного потребления и производства микроэлектронной продукции. В результате предлагаемый прототип отраслевого микроэлектронного производства России адекватен и может служить качественному определению масштабов отдельных производств и межотраслевого баланса микроэлектронной промышленности и связанных с ней отраслей-поставщиков.

Построение микроэлектронной отрасли согласно с паттерном структурообразования позволит минимизировать количество задействованных производств и ограничиться только необходимыми на текущем этапе. Кроме того, микроэлектронную отрасль и связанные с ней отрасли-поставщики в этом случае можно развивать поэтапно, распределяя действия по времени, причем количественный рост и развитие технологий будут происходить параллельно, не ограничивая друг друга, что неизбежно

при формировании производства сразу для максимально широкого спектра технологических задач и групп микроэлектронной продукции.

Важным следствием предлагаемого подхода к развитию микроэлектронной отрасли становится (на начальных этапах) опора на технологии, существенно менее развитые по сравнению с имеющимися в настоящее время в ведущих странах мира. В частности, представляется целесообразным использовать полупроводниковые (кремниевые) пластины диаметром 100 мм (основной типоразмер в 1980-х гг.) и строить интегральные микросхемы по проектным нормам 1,2 мкм (которые в свое время, когда использовали 100-мм пластины, были наиболее «тонкими»). По мере формирования микроэлектронной отрасли в России станет возможным постепенно перейти к более «тонким» проектным нормам (180—90 нм), а также использовать наряду со 100-мм пластинами также пластины большего диаметра (150 мм или 200 мм). При этом переход к использованию пластин большего диаметра должен определяться не столько технологическими возможностями, сколько емкостью внутреннего рынка микроэлектронной продукции.

⁵ Historical Billings Report [Электронный ресурс] // World Semiconductor Trade Statistics (WSTS): [сайт]. URL: <https://www.wsts.org/67/Historical-Billings-Report> (дата обращения: 24.07.2023).

Это связано с тем, что для обеспечения эффективности производства, основанного на использовании 150-мм или 200-мм пластин, требуются существенно бóльшие масштабы этого производства (в рамках отдельного предприятия), что напрямую ограничено отраслевым спросом на микроэлектронную продукцию.

Средние темпы роста мирового рынка и, соответственно, мирового производства микроэлектронной продукции за период 1986—2022 гг. составили свыше 2,3 раз каждые 10 лет. При аналогичных темпах роста микроэлектронной промышленности России к 2035 г. объем ее производства вырастет по сравнению с 2022 г. в 2,8 раза. При-

нимая во внимание, что развитие отечественной микроэлектронной промышленности будет в значительной степени повторять (по крайней мере, с точки зрения технологий) мировой опыт, темпы роста производства в России могут быть существенно увеличены. При двукратном увеличении темпов роста к 2035 г. объем производства микроэлектронной промышленности России может вырасти в 7,2 раза, что примерно соответствует целевым показателям, следующим из намеченных планов развития электронной промышленности России⁶, и среднемировой доле в ней микроэлектронного производства (на уровне 17 %).

Повышение устойчивости микроэлектронной отрасли

Если рассматривать микроэлектронную отрасль (вместе со всеми связанными с ней производствами) как самоуправляемую систему, то при сокращении ее масштабов (соответствующем минимизации числа производств и предприятий) неизбежно будет возникать проблема: ее устойчивость снизится. На практике указанное снижение устойчивости обусловлено множеством факторов, основной из которых — уменьшение экономической эффективности производства.

Коллекция паттернов устойчивости систем [4], имеющаяся в ЭМОТС, включает в себя несколько решений, позволяющих повысить устойчивость системы при уменьшении ее масштабов. К числу наиболее перспективных, по мнению авторов, относятся паттерны дополнительных степеней свободы, паттерны фиксации и минимизации действий, паттерны внешней стабилизации.

Среди известных и широко используемых способов повысить устойчивость (и управляемость) системы можно назвать

придание ей дополнительной степени свободы или (что то же самое) снятие ограничений на какой-либо параметр системы. Очевидный «кандидат» на снятие ограничений — экономическая эффективность (рентабельность) производства. Если в рамках производства обеспечение его рентабельности (положительной или на уровне стран или компаний-конкурентов) не требуется (например, затраты на данное производство не существенны в масштабе более крупного производства, необходимой частью которого оно является), то открываются широкие возможности для того, чтобы уменьшить количество производств и предприятий. Например, допустимым становится объединение множества разнородных производств, общее у которых только то, что все они обслуживают микроэлектронную отрасль. Такое совокупное производство не будет экономически эффективным, однако позволит многократно сократить масштабы интегрированной отрасли, объединяющей микроэлектронное и связанные с ним производства.

⁶ Утверждена Стратегия развития электронной промышленности Российской Федерации на период до 2030 года [Электронный ресурс]: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 января 2020 г. № 20-п // Правительство России: официальный сайт. URL: <http://government.ru/docs/38795/> (дата обращения: 24.07.2023).

Микроэлектронная продукция — необходимый элемент производства многих промышленных товаров: автомобилей и других транспортных средств, машиностроительного оборудования, бытовой техники и др. Без микроэлектронных компонентов эта продукция не сможет обеспечить заданные технические и эксплуатационные характеристики, соответствующие современным требованиям, а значит, не станет конкурентоспособной. При этом вклад микроэлектронных компонентов в суммарную себестоимость многих видов продукции, где они используются, сравнительно невелик.

Показательным примером может служить производство автомобилей, где, несмотря на широкое использование электроники, доля расходов на микроэлектронные компоненты сравнительно невелика. Доля электронных систем (среди них — контроллеры впрыска топлива и подушек безопасности, антиблокировочные системы, системы стабилизации, датчики давления в шинах, системы контроля слепых зон и др.) в стоимости автомобиля составляет (включая программное обеспечение) от 25 % для низкого ценового сегмента до 50 % для автомобилей премиум-класса. Формальный расчет доли расходов на микроэлектронные компоненты в совокупном мировом производстве автомобилей дает следующий результат:

$$12\% \cdot 552,9 \text{ млрд долл.} : 2860 \text{ млрд долл.} = 2,3\%,$$

где 12 % — доля автомобилестроения в потреблении микроэлектронной продукции в 2021 г.⁷; 552,9 млрд долл. — объем производства микроэлектронной продукции

в 2021 г.⁸; 2860 млрд долл. — мировой объем продаж автомобилей в 2021 г.⁹

В последние несколько лет на мировом рынке возрастает дефицит чипов, в том числе используемых в автомобилях. Невозможность производства при отсутствии чипов (даже при сравнительно небольшой доле расходов на них в общей стоимости автомобилей) обуславливает активный рост цен на чипы. В частности, ведущий мировой производитель чипов — тайваньская компания TSMC — в 2022 г. повысила стоимость своей продукции на 10—20 %, а в 2023 г. стоимость увеличится еще на 5—9 %.⁸

Паттерны фиксации и минимизации действий основаны на противодействии разрушению системы за счет *фиксации* (отключения) отдельных свойств, элементов и связей внутри нее — либо за счет *минимизации* всех или отдельных действий. Применительно к микроэлектронной отрасли, рассматриваемой в качестве системы, устойчивость которой требует повышения, данный паттерн реализуется в виде различных протекционистских мер внешнеторговой политики, позволяющих частично изолировать *систему* (микроэлектронную отрасль и связанные с ней производства) от *надсистемы* (мирового рынка). Основными протекционистскими мерами являются высокие ввозные таможенные пошлины и ограничения на ввоз отдельных видов микроэлектронной продукции, а также материалов и комплектующих, необходимых для ее производства. Эти меры позволят повысить конкурентоспособность отечественной продукции на внутреннем рынке, обеспечить рыночное повышение цен и, соответственно, более

⁷ State of the U. S. semiconductor industry [Электронный ресурс]: 2021 // Semiconductor Industry Association (SIA): [сайт]. URL: <https://www.semiconductors.org/wp-content/uploads/2021/09/2021-SIA-State-of-the-Industry-Report.pdf> (дата обращения: 24.07.2023).

⁸ *Carlter M.* Global automotive manufacturing industry revenue between 2019 and 2022 (in trillion U. S. dollars) [Электронный ресурс] // Statista — The Statistic Portal for Market Data, Market Research and Market Studies: [портал]. URL: <https://www.statista.com/statistics/574151/global-automotive-industry-revenue/> (дата обращения: 24.07.2023).

⁹ TSMC plans another price hike amid inflation concerns [Электронный ресурс] // Nikkey Asia — Business, Politics, Economy and Tech News & Analysis: [сайт]. URL: <https://asia.nikkei.com/Business/Tech/Semiconductors/TSMC-plans-another-price-hike-amid-inflation-concerns> (дата обращения: 24.07.2023).

высокую рентабельность продаж отечественной микроэлектронной продукции и необходимых для ее производства материалов и комплектующих.

В настоящее время внешнеэкономическая политика России в отношении микроэлектронной продукции имеет противоположное направление развития. В условиях, когда на Россию со стороны США и стран, аффилированных США (среди них — Тайвань, Южная Корея, Япония, Германия и др.), наложены санкции, ставится задача удовлетворить потребности отечественной промышленности, в ряде случаев даже за счет использования механизмов параллельного импорта. При этом никаких ограничений на импорт, естественно, нет. Базовая ставка ввозной таможенной пошлины на такую продукцию, согласно ТН ВЭД ЕАЭС, составляет 0 %.¹⁰

Развитие отечественной микроэлектронной промышленности должно существенно изменить ситуацию на внутреннем российском рынке микроэлектронной продукции. В результате на отдельные виды этой продукции (аналоги которых производятся в России) могут быть установлены высокие ввозные таможенные пошлины. Несоответствие такой государственной внешнеэкономической политики правилам Всемирной

торговой организации (ВТО) очевидно, однако установленные против России санкции, создающие сложности при обеспечении потребностей экономики страны (в том числе в микроэлектронной продукции), делают отход от правил ВТО вынужденным и неизбежным.

Паттерны внешней стабилизации предполагают сохранение устойчивости системы за счет постоянного внешнего воздействия. Микроэлектронная промышленность — стратегическая отрасль, определяющая, как уже отмечалось выше, технологическую безопасность, обороноспособность и глобальную конкурентоспособность страны. Это оправдывает использование мер государственной поддержки и данной отрасли, и связанных с ней отраслей.

Механизмы поддержки предприятий в рамках государственной промышленной политики известны: налоговые льготы, льготное кредитование, субсидирование, полная или частичная компенсация расходов на НИОКР и др. В ряде случаев наиболее действенной формой государственной поддержки отрасли выступает создание производств в рамках госкорпораций (среди них, например, «Ростех») или крупных предприятий оборонно-промышленного комплекса.

Заключение

По результатам проведенных в статье исследований можно сделать ряд основных выводов.

Прежде всего, микроэлектронная отрасль России в настоящее время имеет крайне малые объемы производства и ограниченный набор технологических компетенций. Следовательно, развитие отрасли фак-

тически будет представлять собой формирование *новой*, ранее отсутствовавшей отрасли.

Далее, значимой специфической особенностью микроэлектронной промышленности, как и других высокотехнологичных производств, можно назвать широкую интеграцию с большим количеством связанных

¹⁰ Об утверждении единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза, а также об изменении и признании утратившими силу некоторых решений Совета Евразийской экономической комиссии [Электронный ресурс]: решение Совета Евразийской экономической комиссии от 14 сентября 2021 г. № 80 // КонсультантПлюс: справочная правовая система: [сайт]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_397176/ (дата обращения: 24.07.2023).

отраслей. В результате развитие отрасли потребует одновременно развивать широкий спектр отраслей промышленности, многие из которых в России не развиты или отсутствуют.

Проблема развития и обеспечения устойчивости микроэлектронной промышленности России заключается в необходимости предельно сократить количество производств и предприятий, вовлеченных в микроэлектронное и связанные с ним производства.

Направление поисков решения проблемы того, как сократить количество производств и предприятий, а также обеспечить устойчивость отрасли, может быть определено на основе эмпирико-метафизической общей теории систем.

Для оптимизации образования микроэлектронной отрасли следует использовать паттерн структурообразования, а для обеспечения устойчивости отрасли — паттерны дополнительных степеней свободы, паттерны фиксации и минимизации действий, паттерны внешней стабилизации.

Список литературы и источников

1. **Богданов А. А.** Тектология: всеобщая организационная наука: в 2 кн. М.: Экономика, 1989.
2. **Гиг Д.** Прикладная общая теория систем: в 2 кн. М.: Мир, 1981.
3. **Грибков А. А.** Паттерны общей теории систем. Ч. 1: Паттерны образования систем // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. 2022. № 5А. С. 33—40. <https://doi.org/10.34670/AR.2022.17.35.005> EDN: HSHWKR.
4. **Грибков А. А.** Паттерны общей теории систем. Ч. 2: Паттерны устойчивости систем // Контекст и рефлексия: философия о мире и человеке. 2022. № 6-1. С. 5—15. <https://doi.org/10.34670/AR.2022.35.11.001> EDN: FKOOEG.
5. **Грибков А. А.** Эмпирико-метафизический подход к построению общей теории си-

стем // Общество: философия, история, культура. 2023. № 4 (108). С. 14—21. <https://doi.org/10.24158/fik.2023.4.1> EDN: ULNNNZ.

6. **Зеленский А. А., Морозкин М. С., Грибков А. А.** Обзор полупроводниковой промышленности в мире и России: производство и оборудование // Изв. вузов. Электроника. 2021. Т. 26. № 6. С. 468—480. <https://doi.org/10.24151/1561-5405-2021-26-6-468-480> EDN: VEDCKH.
7. **Месарович М., Такахара Я.** Общая теория систем: математические основы / пер. с англ. Э. Л. Наппельбаума; под ред. С. В. Емельянова. М.: Мир, 1978. 312 с.
8. **Сиротин Д. В.** Состояние и возможности развития российской микроэлектронной отрасли // Экономическое возрождение России. 2021. № 3 (69). С. 105—122. <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2021-3-69-105-122> EDN: WUGRPE.
9. **Уемов А. И.** Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.
10. **Bertalanffy L. von.** General system theory: foundations, development, applications. New York, NY: George Braziller Inc., 1969. 289 p.

References

1. Bogdanov A. A. *Tectology: Universal Organizational Science*. 2 books. Moscow: Ekonomika, 1989. (In Russian).
2. Gigch John P. van. *Applied General Systems Theory*. 2nd ed. N. p.: Harper & Row Publ., 1978. 602 p.
3. Gribkov A. A. “Patterns of General Systems Theory. Pt. 1. Patterns of Systems Formation”. *Kontekst i refleksiya: filosofiya o mire i cheloveke = Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being* 5A (2022): 33—40. (In Russian). <https://doi.org/10.34670/AR.2022.17.35.005> EDN: HSHWKR.
4. Gribkov A. A. “Patterns of General Systems Theory. Pt. 2. Patterns of Systems [Stability]”. *Kontekst i refleksiya: filosofiya o mire i cheloveke = Context and Reflection: Philosophy of the World and Human Being* 6-1 (2022): 5—15. (In Russian).

- <https://doi.org/10.34670/AR.2022.35.11.001>
EDN: FKOOEG.
5. Gribkov A. A. “Empirical-Metaphysical Approach to General Systems Theory Construction”. *Obshchestvo: filosofiya, istoriya, kul'tura = Society: Philosophy, History, Culture* 4 (108) (2023): 14–21. (In Russian). <https://doi.org/10.24158/fik.2023.4.1> EDN: ULNNNZ.
6. Zelensky A. A., Morozkin M. S., Gribkov A. A. “Overview of the Semiconductor Industry in the World and in Russia: Production and Equipment”. *Izv. vuzov. Elektronika = Proc. Univ. Electronics* 26.6 (2021): 468–480. (In Russian). <https://doi.org/10.24151/1561-5405-2021-26-6-468-480> EDN: VEDCKH.
7. Mesarovic M. D., Takahara Ya. *General Systems Theory: Mathematical Foundations*. Cleveland: Academic Press, 1975. 322 p.
8. Sirotnin D. V. “The State and Capabilities of Russia’s Further Development of Microelectronics”. *Ekonomicheskoye vrozozhdeniye Rossii = Economic Revival of Russia* 3 (69) (2021): 105–122. (In Russian). <https://doi.org/10.37930/1990-9780-2021-3-69-105-122> EDN: WUGRPE.
9. Uyemov A. I. *System Approach and General Theory of Systems*. Moscow: Mysl’, 1978. 272 p. (In Russian).
10. Bertalanffy L. von. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York, NY: George Braziller, 1968. 289 p.

Информация об авторах

Грибков Андрей Армович — доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, НПК «Технологический центр» (Россия, 124498, г. Москва, пл. Шокина, д. 1, стр. 7).

Зеленский Александр Александрович — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, НПК «Технологический центр» (Россия, 124498, г. Москва, пл. Шокина, д. 1, стр. 7).

Information about the authors

Andrey A. Gribkov — Dr. Sci. (Eng.), Leading Research Fellow, SMC “Technological Centre” (Russia, 124498, Moscow, Shokin sq., 1, bldg. 7).

Alexander A. Zelenky — Cand. Sci. (Eng.), Leading Research Fellow, SMC “Technological Centre” (Russia, 124498, Moscow, Shokin sq., 1, bldg. 7).

Статья поступила в редакцию 14.06.2023.

The article was submitted 14.06.2023.