

МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ НА ЭТАПАХ РАЗРАБОТКИ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ

Александр Васильевич ЛЕОНОВ^{а,*},

Алексей Юрьевич ПРОНИН^б

^а доктор экономических наук, профессор, советник,
Российская академия ракетных и артиллерийских наук (РАРАН),
Москва, Российская Федерация
alex.clein51@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8948-1311>
SPIN-код: отсутствует

^б кандидат технических наук, доцент, советник,
Российская академия ракетных и артиллерийских наук (РАРАН),
Москва, Российская Федерация
pronin46@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8947-3047>
SPIN-код: 6833-7914

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 92/2023
Получена 19.03.2023
Получена в
доработанном виде
27.03.2023
Одобрена 03.04.2023
Доступна онлайн
27.04.2023

Специальность 5.2.1

УДК 355/359
JEL: O21, O32, O33

Аннотация

Предмет. Экономическая динамика сложных систем на этапах разработки государственных программ и ее анализ как многоуровневого и многоэтапного циклического неравновесного процесса.

Цели. Разработка универсального методологического инструментария анализа экономической динамики в интересах обеспечения ее устойчивости в современной геополитической и экономической обстановке в мире.

Методология. Использован метод программно-целевого планирования создания и развития сложных систем различного назначения. В основу методологического ориентира при анализе экономической динамики положена теория самоорганизации в части энтропийного подхода к неравновесным процессам, как новая парадигма аналитического исследования экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Результаты. На основе энтропийного подхода к неравновесным процессам построена циклическая модель, отражающая многоуровневый и многоэтапный процесс формирования экономической динамики, с использованием которой сформулированы новые теоретические и практические положения, в том числе технология формирования устойчивой экономической динамики, базирующаяся на параметрическом и критериальном паспортах. Раскрыто содержание предложенных паспортов и приведены примеры их практического использования в интересах обеспечения устойчивости экономической динамики сложных систем с учетом возможных рисков при разработке государственных программ. Понятие устойчивости сформулировано как свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев, определяющих специфические особенности формирования экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ в условиях риска. Установлено, что устойчивость экономической динамики обеспечивается при совместном обосновании

Ключевые слова:

экономическая
динамика, сложные
системы, методология,
государственная
программа

параметрического и критериального паспортов, которые в совокупности представлены как закон формирования устойчивой экономической динамики. Данное положение отнесено к числу важнейших результатов исследования экономической динамики, имеющего теоретический и прикладной характер. Сформулированы требования к обеспечению устойчивости и новые функции управления экономической динамикой сложных систем в неравновесном экономическом пространстве.

Выводы. Полученные результаты могут быть использованы при разработке научно-технологических программ и проектов различного назначения, определении способов и путей обеспечения устойчивого инновационно-технологического развития страны, обеспечении обороны и национальной безопасности Российской Федерации.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2023

Для цитирования: Леонов А.В., Пронин А.Ю. Методология анализа экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2023. – Т. 22, № 4. – С. 620 – 645.

<https://doi.org/10.24891/ea.22.4.620>

Введение

В Российской Федерации в настоящее время разрабатываются и реализуются государственные программы по созданию сложных систем различного назначения (оборонного, специального, двойного, гражданского). В рамках данных программ проводится большое количество инновационных исследований и разработок, выполняемых по заказу различных федеральных органов исполнительной власти, государственных корпораций и организаций, научных фондов и Российской академии наук.

Правительство Российской Федерации выделяет на эти цели крупные государственные вложения, которые станут стимулом для существенного роста экономики. Выполнение государственных программ – это гарант обеспечения национальной безопасности Российской Федерации в современных геополитических и экономических условиях.

Государственные программы оборонного назначения разрабатываются с определенной периодичностью, как правило, каждые пять лет (программный период) на десять лет вперед. При разработке этих программ в обязательном порядке должны учитываться как внутренние риски (финансово-экономические, научно-технические и производственно-технологические), так и внешние, связанные с секторальными экономическими санкциями со стороны стран Евросоюза и США.

Для обеспечения устойчивого развития сложных систем эти виды рисков необходимо учитывать уже на начальных этапах разработки государственных программ. В связи с этим актуальным научным направлением становится анализ

экономической динамики¹ сложных систем в интересах управления обеспечением ее устойчивости.

К настоящему времени сформировались теоретический и прикладной аспекты исследования экономической динамики. Теоретическая ветвь экономической динамики развивалась от первоначальных представлений об экономическом росте, как основной форме экономической динамики. Значимую роль в развитии теории экономической динамики сыграли труды экономистов-классиков (Дж. Милль, Дж. Кларк, К. Маркс, Дж. Кейнс, А. Маршалл, У. Митчелл, Й. Шумпетер, Р. Солоу, Дж. Форрестер и др.). Среди отечественных ученых в области экономической динамики следует отметить труды В. Немчинова, Л. Канторовича, А. Аганбегяна, А. Смирнова, Н. Кондратьева, В. Леонтьева, В. Автономова, В. Ивантера, В. Иноземцева, Г. Клейнера, Д. Львова, В. Маевского, С. Глазьева, И. Романовского, В. Макарова, А. Рубина, В. Беленького, В. Знаменского, В. Васильковой, Ю. Яковца и др. Значительным шагом вперед в исследовании экономической динамики стало установление (в первой половине XX в.) ее волновой и циклической природы в трудах Н. Кондратьева – теория больших (длинных) волн; Й. Шумпетера – инновационная теория длинных волн; С. Глазьева – технологические волны – уклады [1–3]. Существенную роль в анализе экономической динамики сыграл междисциплинарный синергетический подход (теория самоорганизации), возникновение которого связано с именами И. Пригожина, И. Стенгерс, Г. Хакена [4–8]. Развитие синергетического подхода осуществили А. Жаботинский, Б. Кадомцев, С. Капица, Ю. Климонтович, С. Курдюмов, Г. Малинецкий, Н. Моисеев, А. Потапов, Ю. Романовский, А. Рубин, Д. Чернавский и др. Общие принципы самоорганизации сложных динамических систем (в том числе: открытость, неравновесность, нелинейность), впервые сформулированные представителями естественных наук (Г. Николис, И. Пригожин, И. Стенгерс, Г. Хакен и др.), открыли возможность моделировать и методологически корректно анализировать экономическую динамику в многоуровневом пространстве.

Современные оптимизационные модели и методы решения задач экономической динамики, в том числе в многоуровневом экономическом пространстве с использованием в качестве методологического ориентира энтропийных (неравновесных) представлений, как новой парадигмы аналитического

¹ В экономических исследованиях наряду с термином «экономическая динамика» находит применение другой близкий термин «временной ряд». Временной ряд (или ряд динамики) представляет собой собранный в разные моменты времени статистический материал о значениях каких-либо параметров (или одного параметра) исследуемого экономического процесса. В отличие от временного ряда экономическая динамика представляет собой управляемый процесс, направленный на формирование устойчивого сбалансированного развития современных сложных систем с учетом воздействия множества внешних и внутренних факторов риска, которые по своей сути являются нелинейными, что и обуславливает нелинейный характер экономической динамики. В этом заключается основное различие и нетождественность по своей сути и содержанию понятий «экономическая динамика» и «временной ряд». По нашему мнению, временной ряд является частным, но наиболее распространенным до настоящего времени толкованием более широкого понятия «экономическая динамика».

исследования экономической динамики, содержатся в работах² [9–15]. Последние результаты исследований прикладных аспектов экономической динамики [16–18], убедительно показали, что именно многоуровневое и многоэтапное моделирование экономической динамики наряду с представлением ее как неравновесного и нелинейного процесса является достаточно продуктивным для адекватного отображения и анализа устойчивости экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ.

В связи с этим далее представлена циклическая модель, отражающая многоуровневый и многоэтапный процесс формирования экономической динамики. На основе данной модели сформулированы новые теоретические и практические положения, в том числе:

- технология формирования устойчивой экономической динамики, базирующаяся на ее параметрическом и критериальном паспорте;
- требования к обеспечению устойчивости экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Циклическая модель экономической динамики

Многолетняя практика разработки государственных программ по созданию и развитию сложных систем различного назначения на основе использования метода программно-целевого планирования показывает, что ключевыми этапами экономической динамики являются:

- формирование исходного перечня программных элементов³;
- формирование множества возможных вариантов программы (многовариантность);
- сбалансирование (по вариантам программы);
- выбор рационального варианта программы.

Формирование исходного перечня программных элементов базируется, как правило, на системе приоритетов и целей государственной политики в сфере социально-экономического и научно-технологического развития и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, а также единой системе исходных данных. Многовариантность является одновременно способом преодоления существенных неопределенностей (особенно финансово-экономических, научно-технических,

² Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. *Нелинейная динамика и хаос. Основные понятия: учебное пособие*. М.: КомКнига, 2006. 240 с.; Данилов Ю.А. *Лекции по нелинейной динамике. Элементарное введение: учебное пособие*. М.: КомКнига, 2006. 208 с.; Руденко А.П. *Самоорганизация и синергетика*. URL: <http://spkurdyumov.narod.ru/rudenko1.htm>

³ Программные элементы (в том числе материалы, технологии, функционально-технологические блоки, модули, изделия) являются объектами программно-целевого планирования и управления развитием сложных систем различного назначения.

производственно-технологических), возникающих при формировании новой программы для принятия необходимых и своевременных мер по их парированию; своеобразным механизмом адаптации к изменениям внешних и внутренних факторов; методом обеспечения рационального использования ресурсов. Сбалансирование используется для достижения такого соотношения значений показателей программных элементов, при котором обеспечиваются требования к созданию (развитию) сложной системы в разрабатываемой программе при минимальных затратах ресурсов. Кроме того, сбалансирование предполагает согласованное проведение всей совокупности работ по созданию (развитию) сложной системы, включая распределение ответственности и согласованность функционирования всех участников разработки программы. Отказ от принципа сбалансирования неизбежно приводит к диспропорциям в развитии системы.

Выбор рационального варианта программы осуществляется лицом, принимающим решения, на основе его компетентности (квалификации), критериев предпочтения вариантов и действующих нормативных правовых документов в данной предметной области.

Поскольку разработка государственных программ осуществляется с определенной периодичностью, то в основу методологии анализа экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ (как неравновесного и нелинейного процесса) положены теоретические представления о ее волновой природе и циклическом характере [17, 18].

В соответствии с этим экономическая динамика представлена в виде многоуровневой многоэтапной циклической модели, представленной на *рис. 1*.

В качестве основного показателя, характеризующего экономическую динамику как неравновесный процесс, выбрана энтропия S , представляющая в данном случае меру упорядоченности (неупорядоченности) программных элементов на этапах разработки государственной программы.

На основе использования энтропии в качестве ключевого понятия и методологического ориентира разработана технология формирования устойчивой экономической динамики, а также требования к обеспечению устойчивости экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Технология формирования устойчивой экономической динамики

Данная технология разработана с использованием понятий «параметрический паспорт» (ПП) и «критериальный паспорт» (КП), которые в совокупности составляют полный информационный паспорт технологии (ИПТ) формирования устойчивой экономической динамики:

$$\text{ИПТ} = \{\text{ПП}, \text{КП}\}; \quad (1)$$

$$\text{ПП} = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_N\};$$

$$\text{КП} = \{W, C\},$$

где N – множество параметров ($P_1, P_2, P_3, \dots, P_N$), отображающих процесс формирования устойчивой экономической динамики;

W, C – критерии устойчивости экономической динамики, эффективность системы и затраты на ее создание (развитие) соответственно.

Таким образом, устойчивость экономической динамики обеспечивается при совместном обосновании параметрического и критериального паспортов. Под устойчивостью в данном случае понимается свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев, определяющих специфические особенности формирования экономической динамики сложной системы на этапах разработки государственных программ в условиях риска.

Полный информационный паспорт технологии, согласно выражению (1), может быть представлен как закон формирования устойчивой экономической динамики, впервые сформулированный в монографии [18].

Рассмотрим содержание предложенных паспортов экономической динамики и примеры их использования.

Параметрический паспорт экономической динамики. Параметрический паспорт отражает процесс формирования микродинамики системы, показанной на *рис. 1, а*.

С использованием энтропии S в качестве ключевого понятия установлены следующие (до настоящего времени недостаточно исследованные) специфические параметры процесса формирования экономической динамики, определяющие ее временные этапы, режимы, критические точки (зоны бифуркации) и фазовые переходы в совокупности программных элементов. Представленные далее параметры экономической динамики установлены на основе анализа процессов самоорганизации в сложных системах различной природы [1–4, 9–12, 17, 18].

Этапы формирования экономической динамики:

- τ_1 – анализ содержания предыдущей программы (упорядоченные программные элементы, равновесное состояние системы);
- τ_2 – разупорядочение программных элементов в начале формирования новой программы (переход системы в неравновесное состояние);
- τ_3 – формирование нового состава программных элементов, включающего как традиционные, так и новые программные элементы;

- τ_4 – формирование вариантов программы (структурирование);
- τ_5 – упорядочение (согласование) программных элементов в вариантах (стационарное состояние системы);
- τ_6 – выбор рационального варианта и формирование проекта новой программы (вновь упорядоченное состояние программных элементов, равновесное состояние системы).

Режимы:

LS (low standing) – режим разупорядочения (разбалансирования) программных элементов (энтропийный процесс);

S (standing) – режим формирования открытой нелинейной среды;

HS (high standing) – режим упорядочения (сбалансирования) программных элементов (антиэнтропийный процесс).

Критические точки (бифуркации):

- t_1 – разупорядочение программных элементов;
- t_2 – формирование открытой нелинейной среды;
- t_3 – формирование вариантов (структурирование);
- t_4 – выбор рационального варианта программы.

Фазовые переходы (соответствуют критическим точкам):

- f_1 – переход к неупорядоченному состоянию;
- f_2 – формирование открытой нелинейной среды;
- f_3 – структурирование;
- f_4 – выбор рационального варианта программы.

С учетом данных параметров, определяющих специфические особенности формирования экономической динамики сложной системы, общую (интегральную) характеристику параметрического паспорта можно представить в следующем виде:

$$ПП = \{\tau_1 \dots \tau_6; t_1 \dots t_4; f_1 \dots f_4; LS, S, HS\}. \quad (2)$$

Пример. Приведем пример использования параметрического паспорта для отображения процесса формирования устойчивой экономической динамики. Для этого представим процесс формирования микродинамики (рис. 1, а) в виде,

показанном на *рис. 2*. На данном рисунке процесс формирования устойчивой экономической динамики включает в себя две неразрывно взаимосвязанные и последовательно сопряженные (коррелированные) стадии а) и б).

В рамках стадии а) осуществляется классический энтропийный процесс (поток $S^+ \rightarrow \infty$), направленный в сторону увеличения неравновесности до определенного верхнего предела $S_{\text{пр}}^B$ (за счет управляющих воздействий UB^+ по насыщению вновь формирующейся программы новыми инновационными элементами, исключению морально и физически устаревших элементов с накоплением инновационного потенциала системы. Комплекс управляющих воздействий UB^+ на данной стадии необходим для повышения уровня современности элементов, достижения требуемых значений их характеристик, повышения эффективности в рамках заданных ограничений по затратам на программу).

Изменение функции состояния S на данной стадии отражает процесс разупорядочения предыдущего равновесного состояния (то есть предыдущей программы с упорядоченными элементами) и резкого возрастания потока энтропии за счет поступления в состав вновь формирующейся программы качественно новых (инновационных) элементов, причем даже в незначительном их количестве. Эта стадия экономической динамики является наиболее важной, поскольку именно на ней закладывается инновационно-технологический (модернизационный) потенциал элементов и в целом сложной системы.

В рамках стадии б) осуществляется антиэнтропийный (компенсационный) процесс (поток $S^- \rightarrow 0$), направленный в сторону уменьшения неравновесности до определенного нижнего предела $S_{\text{пр}}^H$ за счет управляющих воздействий UB^- , нацеленных на формирование множества возможных вариантов программы, сбалансирование и обоснование выбора рационального варианта с реализацией инновационного потенциала системы. Изменение функции состояния S на данной стадии отражает компенсационную (антиэнтропийную) стадию снижения потока энтропии (произведенной на предыдущей стадии) за счет увеличения числа возможных вариантов программы и упорядочения в них элементов. Знак «–» означает, что компенсационный процесс направлен в сторону, противоположную классическому энтропийному процессу. Главной особенностью процессов S^+ и S^- является их совместное неразрывное существование. Однако интенсивность этих процессов неодинакова на разных этапах экономической динамики и вектор их имеет разнонаправленный характер. Таким образом, циклическому характеру экономической динамики присуща двойственность и предельность (ограниченность), то есть экономическая динамика имеет нижний $S_{\text{пр}}^H$ и верхний $S_{\text{пр}}^B$ пределы.

На основании анализа графического отображения экономической динамики в виде энтропийного процесса представляется возможным сформулировать вывод о том,

что стадии а) и б) являются симметричными. В идеальных условиях возможна полная эквивалентность энтропийного и антиэнтропийного процессов. В этом случае компенсационная энтропия может быть определена с использованием оценок экономической динамики на энтропийной стадии при соблюдении константного баланса суммы классической энтропии и компенсационной энтропии. Согласно априорному принципу баланса энтропии, когда $dS^+ = dS^-$, равновеликое увеличение потока S^+ приводит к равновеликому росту компенсационной энтропии S^- . Дополнительно можно утверждать, что может существовать расширение (сжатие) этих стадий по вертикали или горизонтали при возрастании (убывании) функции S до некоторого предела, выступающего максимумом (минимумом) функции. Возможность расширения (сжатия) функции S обусловлена многими причинами, в том числе интенсивностью насыщения программы новыми элементами; используемыми методами формирования вариантов программы и упорядочения в них элементов, а также обоснованием выбора рационального варианта и соответствующих управляющих воздействий. Таким образом, экономическая динамика имеет свой специфический жизненный цикл, который и отражен на *рис. 2* в форме неравновесного процесса, состоящего из двух разнонаправленных стадий. При этом неравновесность порождает самоорганизацию и играет конструктивную роль в возникновении и росте самоорганизации, а функция S является мерой самоорганизации. В результате волновой процесс самоорганизации составляет замкнутый цикл с определенными начальными параметрами и конечными результатами, а также наличием верхнего и нижнего пределов. В связи с этим рассмотрим пределы устойчивости и возможность их использования в управлении экономической динамикой сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Под пределом устойчивости экономической динамики понимается уровень, выше (или ниже) которого поток энтропии больше не изменяется в результате управляющих воздействий UB^+ и UB^- .

Пределы экономической динамики существуют для стационарного и равновесного состояний системы. Нижний предел (состояние равновесия) и верхний предел (стационарное состояние) являются противоположными состояниями.

Общая характеристика состояний устойчивости экономической динамики приведена в *табл. 1*.

Практика обоснования и формирования государственных программ показала, что абсолютные пределы устойчивости экономической динамики ($S_{пр}^B \rightarrow \infty$ и $S_{пр}^H \rightarrow 0$) в принципе не могут быть достигнуты ввиду имеющихся ограничений (технического, технологического, экономического, а также организационного характера), которые накладываются на верхний и нижний пределы. В формализованном виде данные ограничения верхнего и нижнего предела устойчивости экономической динамики можно записать так:

- верхний предел: число $S_{\text{пр}}^B$ является верхним пределом функции S при $S^+ \rightarrow 0$, если для $\forall \varepsilon > 0, \exists \delta = \delta(\varepsilon)$ такое, что $\forall S^+, |S^+| \geq \delta \rightarrow |S^+ - S_{\text{пр}}^B| \leq \varepsilon$, то есть

$$\lim S^+ = S_{\text{пр}}^B \text{ или } S^+ \rightarrow S_{\text{пр}}^B \text{ при } S^+ \rightarrow 0; \quad (3)$$

- нижний предел: число $S_{\text{пр}}^H$ является нижним пределом функции S при $S^- \rightarrow \infty$, если для $\forall \varepsilon > 0, \exists \delta = \delta(\varepsilon)$ такое, что $\forall S^-, |S^-| \geq \delta \rightarrow |S^- - S_{\text{пр}}^H| \leq \varepsilon$, то есть

$$\lim S^- = S_{\text{пр}}^H \text{ или } S^- \rightarrow S_{\text{пр}}^H \text{ при } S^- \rightarrow 0. \quad (4)$$

Отметим некоторые особенности верхнего предела устойчивости экономической динамики в стационарном состоянии системы. В этом состоянии устойчивость экономической динамики обеспечивается за счет проведения следующих мероприятий:

- целенаправленного формирования множества возможных вариантов экономической динамики, обеспечивающих ее адаптацию к изменению внешних и внутренних условий и факторов при заданных критериях, например, максимум эффективности системы при заданных ограничениях на затраты или минимум затрат на создание (развитие) системы для достижения требуемой эффективности;
- установления новых корреляционно-когерентных связей между программными элементами (частями) программы, отражающих их коллективное (совместное) поведение, обеспечивая при этом адаптацию экономической динамики к внешним условиям и факторам.

Продолжительность стационарного состояния определяется процедурами формирования множества вариантов программы и упорядочения в них элементов, а его окончанием являются полностью сбалансированные варианты программы для последующего выбора их рационального варианта, удовлетворяющего заданным критериям.

Поскольку продолжительность этапов разработки государственных программ устанавливается нормативными документами, то предельные временные отрезки режимов экономической динамики строго фиксированы, а пределы устойчивости экономической динамики устанавливаются в соответствии с достижением требуемых критериев. Следует отметить, что технологический цикл экономической динамики в принципе начинается уже с установления цели создания (развития) сложной системы и требований к ее будущему облику и заканчивается обоснованием выбора рационального варианта программы. В связи с этим для более глубокого анализа двухстадийного процесса управления обеспечением устойчивости экономической динамики с учетом стационарного состояния ($dS^+ = dS^-$) и равновесных состояний ($dS^+ = dS^- = 0$) представляется целесообразным

ввести понятие «внутреннее технологическое время» $t_{\text{тех}}$, поскольку «внешний» временной параметр – программное время $t_{\text{пр}}$ недостаточно соответствует задачам анализа и оценки экономической динамики, то есть $t_{\text{тех}} \neq t_{\text{пр}}$. Введение внутреннего технологического времени обусловлено необходимостью учета корреляционно-когерентных связей между программными элементами на этапе сбалансирования вариантов программы. Представляется также важным отметить «цену» поддержания стационарного состояния и в целом всего технологического цикла.

Чтобы поддерживать систему в стационарном состоянии, необходим ее обмен с окружающей средой (то есть система должна быть открытой). Это условие предполагает наличие рациональных управляющих воздействий UB^+ , направленных на формирование исходного перечня элементов, включающего в свой состав традиционные и новые, в том числе инновационные, программные элементы. При этом возникновение и стремительный рост потока $S^+ \rightarrow \infty$, порождаемого управляющими воздействиями UB^+ и приводящего к «разбалансированию» предыдущего равновесного состояния («разупорядочению» элементов), рассматривается как цена, которую надо заплатить за возможность (посредством UB^-) создать новый «порядок», то есть сформировать множество возможных вариантов программы. В то же время принципы, критерии и пределы устойчивости экономической динамики бессильны помочь нам в решении вопросов, касающихся ответственности лиц, принимающих решения, за выбранный вариант программы (экономической динамики). Другим словами, цена выбора остается за пределами технологического цикла.

Таким образом, наличие потока $S^+ \rightarrow \infty$, порождаемого управляющими воздействиями UB^+ , является необходимой предпосылкой и инновационным потенциалом для осуществления компенсационного процесса $S^-(UB^-)$. Поэтому в данном случае речь скорее идет не о «цене» поддержания стационарного состояния, а о диалектическом «вкладе» предыдущего ($S^+ \rightarrow \infty$) или прошлого состояния ($S^+ = 0$) в будущее состояние, то есть о роли преемственности в формировании новой программы. С учетом неравновесного состояния прошлое равновесное состояние отделено от будущего нового состояния определенным временным интервалом, продолжительность которого определяется характерным временем $t_{\text{тех}}$. Таким образом, технологический цикл экономической динамики приобретает продолжительность. Представляется также целесообразным учитывать вклад отдельных стадий и состояний (и в целом технологического цикла) экономической динамики в будущее состояние сложной системы на этапах разработки программы в целях повышения эффективности управления.

Вербальное описание стадий и состояний типового технологического цикла экономической динамики представлено в *табл. 2*.

Таким образом, управление обеспечением устойчивости экономической динамики представляет собой технологический цикл с устойчиво и точно повторяющимися

параметрами: временными этапами, режимами, критическими точками, а также фазовыми переходами совокупности программных элементов.

С помощью функции S удастся охарактеризовать все многообразие неравновесных процессов, происходящих при разработке программы. При этом составные части а) и б) единого технологического процесса последовательно взаимосвязаны, однако они имеют разную долю проявлений, совершаются в поле неравновесных событий и различаются лишь направленностью, то есть вектором изменений степени неравновесия. Кроме того, процесс а) является необходимой предпосылкой для возникновения процесса б) и без него существовать не может. В соответствии с этим возможно векторное описание экономической динамики как сложного процесса, в котором происходит сочетание, сопряжение и взаимный переход составных частей а) и б) единого технологического цикла. Финальным этапом этого сложного процесса является обоснование выбора рационального варианта программы из множества возможных вариантов.

Двойственность целей и управляющих воздействий (UB^+ и UB^-) на противоположных стадиях технологического цикла детерминирует существование оптимального уровня (диапазона) существования пределов устойчивости экономической динамики. Расширение или сужение предельных уровней устойчивости экономической динамики обусловлено эффективностью управляющих воздействий на разных стадиях типового технологического цикла.

Обоснование минимального уровня управляющего воздействия UB^+ и UB^- («квант управляющего воздействия») представляет собой самостоятельную научную задачу, имеющую большое прикладное значение для управления экономической динамикой сложных систем, особенно в условиях существования различного рода рисков, отмеченных в начале данной статьи.

Критериальный паспорт экономической динамики. Критериальный паспорт отражает процесс формирования микродинамики системы, показанной на *рис. 1, а*.

Критериальный паспорт содержит основные критерии, обеспечивающие устойчивость экономической динамики на этапах формирования государственных программ.

Типовое содержание критериального паспорта по этапам оценки экономической динамики покажем на примере совместного планирования создания (развития) традиционных и новых изделий в составе сложной системы. В качестве основных критериев устойчивости экономической динамики приведены эффективность системы W по решению возложенных на нее функциональных задач и затраты C на создание (развитие) системы.

Начальный этап (формирование исходных данных):

- формирование исходного количественно-качественного состава традиционных и новых изделий в составе сложной системы для включения во вновь формирующуюся программу;
- обоснование требуемого уровня эффективности $W_{\text{треб}}$ решения функциональных задач, возлагаемых на сложную систему на планируемый период;
- обоснование требуемых затрат $C_{\text{зад}}$ на создание (развитие) сложной системы.

Промежуточный этап (оценка экономической динамики):

- W^T – оценка эффективности решения задач с использованием только традиционных изделий в составе сложной системы;
- C^T – оценка затрат на создание (развитие) сложной системы на основе использования только традиционных изделий;
- W^{TH} – оценка эффективности решения задач при совместном использовании традиционных и новых изделий в составе сложной системы;
- C^{TH} – оценка затрат на создание (развитие) сложной системы при совместном использовании традиционных и новых изделий.

Этап сравнительной оценки:

- $\Delta W = W^{\text{TH}} - W^T$ – оценка приращения эффективности решения задач при фиксированных затратах C^T при совместном использовании традиционных и новых изделий в составе сложной системы по сравнению с эффективностью W^T их решения только традиционными изделиями;
- $\Delta C = C^T - C^{\text{TH}}$ – оценка снижения затрат на создание (развитие) сложной системы при фиксированной эффективности W^T при совместном использовании традиционных и новых изделий по сравнению с затратами C^T при использовании только традиционных изделий.

Заключительный (выбор рационального варианта). На данном этапе лицом, принимающим решения, на основе его компетентности (квалификации) и действующих нормативных правовых документов в данной предметной области осуществляется выбор рационального варианта экономической динамики (программы).

В результате использования критериального паспорта $KП = \{W, C\}$ определяется рациональная совокупность традиционных и новых изделий, которая обеспечивает либо максимальную эффективность решения функциональных задач сложной системой при заданных затратах на ее создание (развитие), либо максимальное

снижение затрат при требуемой эффективности решения функциональных задач. В обоих случаях многовариантность обусловлена количественно-качественным составом традиционных и новых изделий, подлежащих включению во вновь формирующуюся программу для достижения требуемых критериев.

Пример. В качестве примера на *рис. 3* показано графическое отображение области рациональных вариантов экономической динамики при совместном использовании традиционных и новых изделий для априори известной зависимости роста эффективности сложной системы от затрат, выделяемых на ее создание (развитие).

В области G находятся рациональные варианты, которые обеспечивают:

- максимальное приращение эффективности ΔW решения задач при заданных затратах $C_{\text{зад}}$ при совместном использовании традиционных и новых изделий по сравнению с эффективностью W^T решения этих задач с использованием только традиционных изделий;
- максимальное снижение затрат ΔC на создание (развитие) системы при требуемой эффективности их решения $W_{\text{треб}}$ при совместном использовании традиционных и новых изделий по сравнению с затратами C^T при использовании только традиционных изделий.

Рассмотренные ранее критерии устойчивости экономической динамики используются в методологии и практике программно-целевого планирования создания (развития) сложных систем различного назначения [17, 18].

С использованием предложенного критериального паспорта экономической динамики представляется возможным проводить технико-экономическую оценку вариантов совместного применения традиционных и новых изделий и обосновывать рациональные варианты экономической динамики сложных систем, обеспечивающие ее устойчивость к воздействию внешних и внутренних факторов.

Прикладная значимость управления устойчивостью экономической динамики на основе параметрического и критериального паспорта заключается в адекватном реагировании формируемой программы к изменению внешних и внутренних условий и факторов. Кроме того, с использованием параметрического и критериального паспорта экономической динамики представляется возможным:

- прийти к новому более глубокому пониманию сущности процессов управления экономической динамикой сложных систем на этапах разработки государственных программ с использованием методологического инструментария программно-целевого планирования;
- уточнить понятия «эволюция» и «эволюционно-технологический подход». Следует отметить, что в содержании понятия «эволюция» не в полной мере

учитываются причины, ее порождающие. Именно поэтому эволюционно-технологический подход, который находится в основе программно-целевого планирования создания и развития сложных систем и широко используется при разработке государственных технологических программ [18], должен учитывать причинно-следственный механизм многоуровневого многоэтапного формирования устойчивой экономической динамики, циклическая модель которой приведена на *рис. 1* и теоретически описана в данной статье.

На основе параметрического и критериального паспорта разработаны требования к обеспечению устойчивости экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Требования к обеспечению устойчивости экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ

1. Принятый в качестве методологического ориентира энтропийный подход к отображению экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ предъявляет три необходимых требования к обеспечению устойчивости экономической динамики.

Первым условием является рассмотрение мероприятий по формированию программы как неравновесного процесса. Неравновесность порождает нелинейность экономической динамики, которая является предпосылкой для использования современных методов нелинейной динамики и теории самоорганизации для ее отображения, анализа и оценки устойчивости.

Вторым условием является равенство между входами одного процесса S^- и выходами другого S^+ , то есть формирование исходного перечня программных элементов является необходимым условием для формирования множества возможных вариантов программы, последующего сбалансирования (упорядочения) в них программных элементов и обоснования выбора рационального варианта программы.

Третье условие непосредственно связано с возможностью формирования определенных отношений между программными элементами при их упорядочении, которые устанавливаются в соответствии с заданными внешними критериями.

Соблюдение трех данных условий приводит к тому, что последовательные стадии (режимы) экономической динамики составляют замкнутый цикл с определенными начальными параметрами и конечными результатами. При этом наличие верхнего и нижнего пределов экономической динамики позволяет говорить о нелинейности исследуемого процесса, необходимости и возможности анализа и математической формализации его стадий и состояний, а также о возможности управления экономической динамикой.

Современная тенденция к рациональному использованию бюджетных средств, выделяемых на создание сложных систем различного назначения, объективно вызывает необходимость совершенствования существующих и поиска новых теоретических подходов, методов и способов обеспечения устойчивости экономической динамики. Один из таких подходов связан именно с учетом внутренних ресурсов совокупности программных элементов.

2. Установленная волновая и циклическая природа экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ, предъявляет ряд конструктивных требований к механизму формирования экономической динамики. Данный механизм базируется на реализации следующих принципов (*рис. 1, b*):

- нелинейной суперпозиции (синхронизация, единый темп, когерентность);
- топологически правильного объединения (интеграции) отдельных гармоник (топологический принцип);
- экономии ресурсов;
- эффективного управления (резонансные воздействия, согласованные с внутренними возможностями объекта управления).

При нелинейной суперпозиции возникающая макрогармоника (как целое) видоизменяет, трансформирует отдельные гармоники (как части целого) посредством установления когерентных связей между ними, то есть когерентного согласования. В данном случае под когерентностью понимается согласованное во времени и пространстве состояние и формы отдельных гармоник. Когерентность является основной характеристикой упорядочения гармоник и движущей силой механизма формирования макрогармоники. При топологически правильном объединении отдельных гармоник структура сложной системы будет представлять собой суперпозицию ряда разных по природе и «возрасту» совокупностей подсистем, области локализации которых определенным образом перекрываются. Благодаря определенному подбору максимумов отдельных гармоник, достигается синхронизация процессов и режимов формирования макрогармоники во всех областях ее локализации. Таким образом, основными требованиями к механизму формирования макрогармоники на основе реализации принципа нелинейной суперпозиции и топологии являются следующие:

- рассмотрение макрогармоники как иерархии «вложенных» отдельных гармоник;
- объединение отдельных гармоник через установление общего темпа (синхронизации) развития отдельных систем (подсистем), в результате чего гармоники попадают в одни и те же режимы, что повышает оперативность управления развитием всей системы;

- определение оптимальной степени связи между гармониками (топология пересечения, «архитектура» перекрытия и т.д.).

Приведенные принципиальные положения позволяют понять сущность механизма экономии ресурсов за счет формирования синергетического эффекта. Отдельные гармоники, объединяясь в макрогармонику, не просто складываются, то есть входят в неизменном недеформированном виде, а определенным образом трансформируются, наслаиваются друг на друга, пересекаются и т.д. Это означает, что правильная «архитектура» объединения является предпосылкой к возникновению синергетического эффекта. При этом чем выше уровень объединения отдельных гармоник, тем больше может быть получаемая экономия. Итак, первая особенность механизма экономии ресурсов заключается в ускорении темпа развития системы в целом, благодаря наличию в ней отдельных гармоник с более быстрым темпом развития. Другая особенность механизма экономии ресурсов заключается в следующем. При рассмотрении независимого развития отдельных систем макрогармоника представляет собой простую аддитивную совокупность отдельных гармоник. В этом случае экономия ресурсов минимальна или вообще отсутствует. В нелинейной синергетической модели макрогармоника представляется как бесконечный ряд возможных гармоник с соответствующими коэффициентами их важности (приоритетности) и возможности реализации. Причем характер взаимосвязей между отдельными гармониками в нелинейной модели будет всецело определяться механизмом когерентности. Нелинейность определяет характер распределения ресурсов между гармониками за счет перемещения ресурсов от одной гармоники к некоторым другим. В данном случае ресурсы перераспределяются не просто равномерно (то есть линейно по всему спектру гармоник), а избирательно. Таким образом, в нелинейной среде могут поддерживаться ресурсами лишь определенные виды приоритетных гармоник. При этом ресурсы распределяются по всему спектру гармоник в соответствии с их важностью.

Полученные выводы имеют принципиальное значение не только при решении задач эффективного распределения ресурсов, выделяемых на создание сложной системы, но и при решении задач управления экономической динамикой их развития.

3. С учетом определенной периодичности разработки государственных программ (например, каждые пять лет на десять лет вперед) из макрогармоник формируется эволюционная модель экономической динамики, то есть длинные волны (*рис. 1, b*). В основу ее формирования и отображения положены принципы и методы теории самоорганизации, нелинейной динамики, гармонический анализ.

В зависимости от содержания технологического и критериального паспортов выбирается форма представления эволюционной модели экономической динамики и определяется необходимый математический аппарат для ее формализованного описания.

Заключение

На основе использования в качестве методологического ориентира теории самоорганизации (в части энтропийного подхода к неравновесным процессам) к анализу экономической динамики сложных систем на этапах разработки государственных программ получены следующие результаты.

Разработана циклическая модель, отражающая многоуровневый и многоэтапный процесс формирования экономической динамики. На основе анализа данной модели сформулированы новые теоретические положения, в том числе технология формирования устойчивой экономической динамики, базирующаяся на ее параметрическом и критериальном паспортах, содержание которых составляют полный информационный паспорт технологии экономической динамики. Показано, что устойчивость экономической динамики обеспечивается при совместном обосновании параметрического и критериального паспортов. Понятие устойчивости сформулировано как свойство инвариантности и воспроизводимости основных параметров и критериев, определяющих специфические особенности формирования экономической динамики сложной системы на этапах разработки государственных программ в условиях риска.

Приведен пример использования параметрического паспорта для отображения процесса формирования устойчивой экономической динамики. Установлено, что экономическая динамика имеет свой специфический жизненный цикл, который отображен в форме неравновесного процесса, состоящего из двух разнонаправленных стадий: классического энтропийного процесса и антиэнтропийного процесса, которые в совокупности представляют собой процесс самоорганизации. Показано, что неравновесность порождает самоорганизацию и играет конструктивную роль в возникновении и росте самоорганизации, а функция S является мерой самоорганизации. С помощью функции S удалось охарактеризовать все многообразие неравновесных процессов, происходящих при разработке программы, исследовать пределы устойчивости экономической динамики и оценить возможность их использования в управлении экономической динамикой сложных систем на этапах разработки государственных программ.

Использование критериального паспорта показано на примере совместного планирования создания (развития) традиционных и новых изделий в составе сложной системы. В качестве основных критериев устойчивости экономической динамики использованы эффективность системы по решению возложенных на нее функциональных задач и затраты на создание (развитие) системы. В результате использования критериального паспорта определяется рациональная совокупность традиционных и новых изделий, которая обеспечивает либо максимальную эффективность решения функциональных задач сложной системой при заданных затратах на ее создание (развитие), либо максимальное снижение затрат при требуемой эффективности решения функциональных задач. Предложенный

критериальный паспорт практически используется в методологии и практике программно-целевого планирования создания (развития) сложных систем различного назначения в интересах обеспечения устойчивости экономической динамики к воздействию внешних и внутренних факторов.

На основе параметрического и критериального паспортов разработаны требования к обеспечению устойчивости экономической динамики сложных систем (в том числе при формировании микродинамики – одна сложная система, макродинамики – две и более системы, эволюционной модели экономической динамики) и новые функции управления экономической динамикой в неравновесном экономическом пространстве.

Практическое применение методологии анализа экономической динамики сложных систем может осуществляться по следующим направлениям:

- повышение устойчивости экономической динамики при разработке долгосрочных государственных программ по созданию высокотехнологичной продукции;
- повышение устойчивости экономической динамики в проектах по созданию высокотехнологичной продукции;
- использование принципа бюджетирования, ориентированного на результат, для повышения устойчивости экономической динамики.

Таблица 1

Общая характеристика состояний устойчивости экономической динамики

Table 1

General characteristics of the states of stability of economic dynamics

Принципы и критерии устойчивости	Состояние	
	равновесное	стационарное
Пределы устойчивости	Нижний предел, $S_{пр}^H$ при $S \rightarrow 0$	Верхний предел, $S_{пр}^B$ при $S \rightarrow \infty$
Критерии оценки	$dS^+ = dS^- = 0$, $UB^+ = UB^- = 0$	$dS^+ = dS^-$; $UB^+ = UB^-$
Степень упорядоченности программных элементов	Строго упорядочены	Формирование множества возможных вариантов программы и упорядочение в них программных элементов

Примечание. Существуют два равновесных состояния: первое соответствует начальному состоянию, доставшемуся от предыдущей программы, и началу обоснования новой программы, когда $S^+ = 0$; второе соответствует новому равновесному состоянию в конце формирования новой программы, когда $S^- \rightarrow 0$. В равновесном состоянии программные элементы находятся в строго упорядоченном положении.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Вербальное описание стадий и состояний типового технологического цикла экономической динамики****Table 2****Verbal description of stages and states of a typical technological cycle of economic dynamics**

№ п/п	Стадии и состояния технологического цикла экономической динамики	Условное обозначение
1	Равновесное состояние (преемственность)	$S^+ = 0$
2	Накопление инновационного потенциала	$S^+ \rightarrow \infty$;
3	Стационарное состояние (упорядочение элементов)	$dS^+ = dS^-$
4	Реализация инновационного потенциала	$S^- \rightarrow 0$
5	Выбор рационального варианта программы	$dS^+ = dS^- \rightarrow 0$
6	Новое равновесное состояние	$S^- = 0$

Источник: авторская разработка

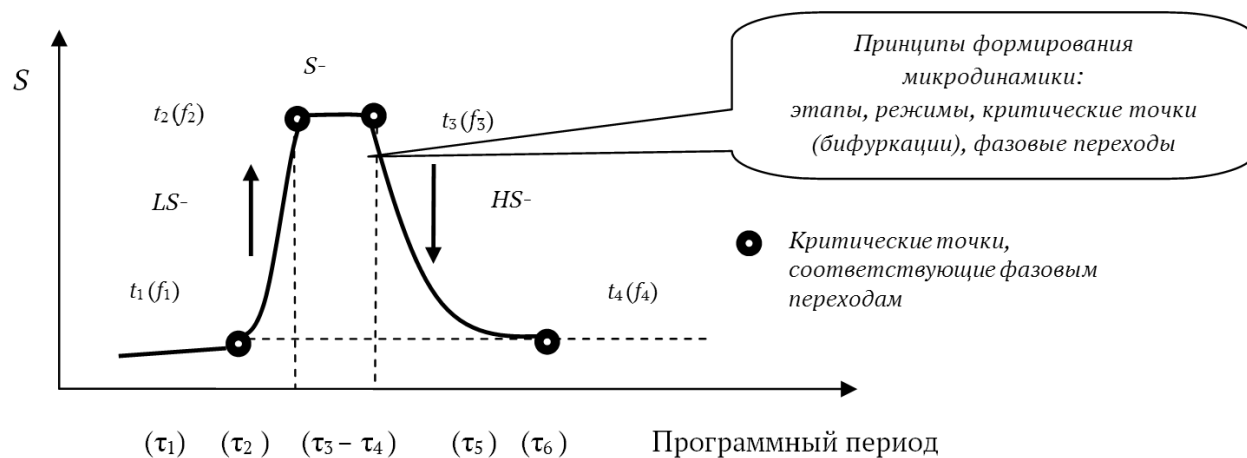
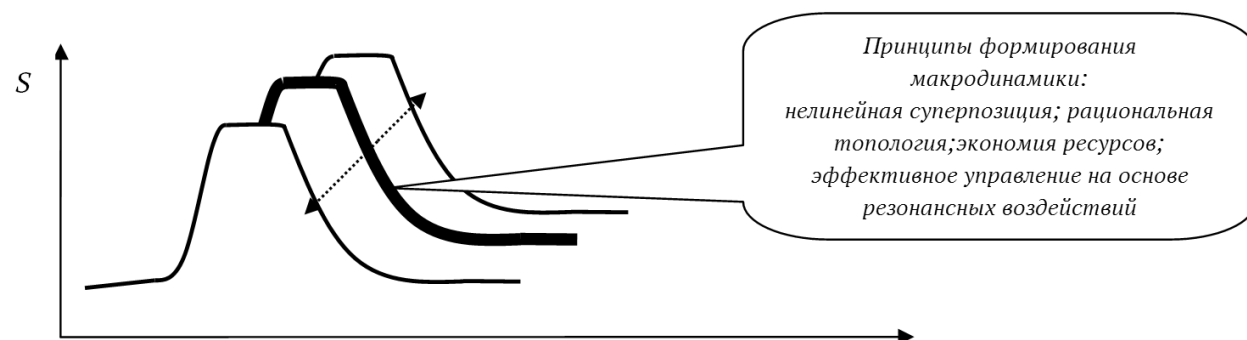
Source: Authoring

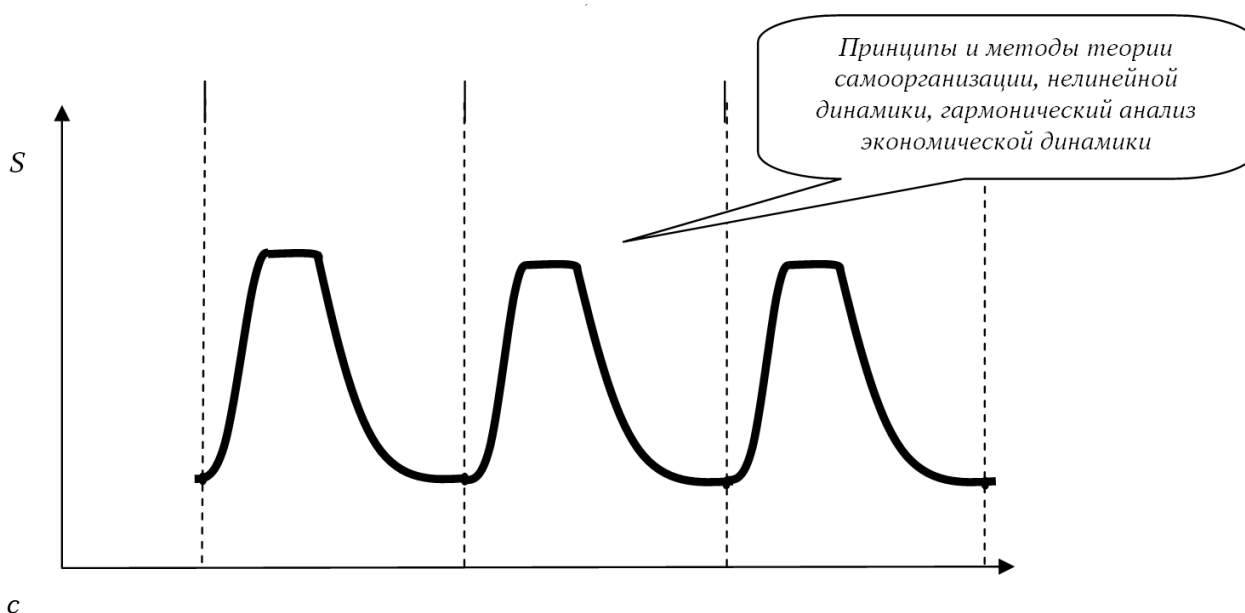
Рисунок 1

Многоуровневая многоэтапная циклическая модель экономической динамики:
***a* – модель микродинамики (экономическая динамика одной системы); *b* – модель макродинамики (экономическая динамика нескольких разнородных систем);**
***c* – эволюционная модель экономической динамики**

Figure 1

A multilevel multi-stage cyclic model of economic dynamics: *a* – a model of microdynamics (economic dynamics of one system); *b* – a model of macrodynamics (economic dynamics of several heterogeneous systems); *c* – an evolutionary model of economic dynamics

*a**b*



Источник: авторская разработка

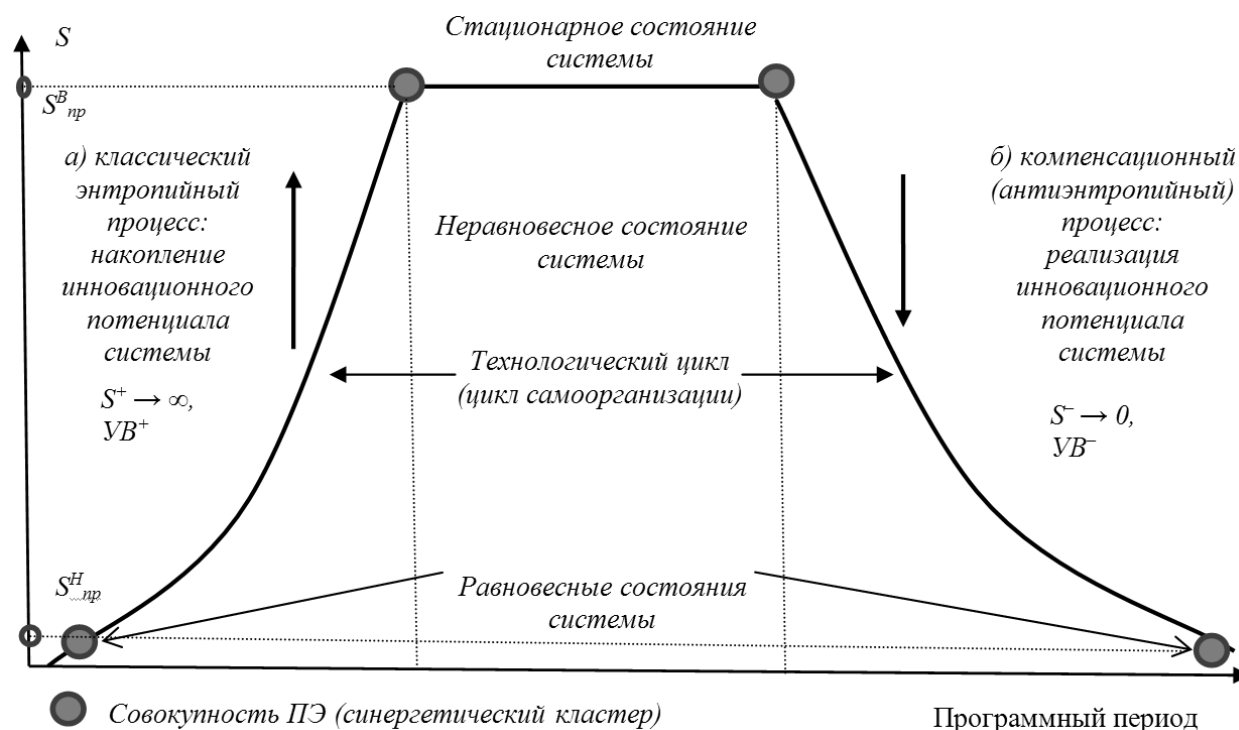
Source: Authoring

Рисунок 2

Отображение процесса формирования устойчивой экономической динамики на основе параметрического паспорта

Figure 2

Displaying the process of formation of sustainable economic dynamics based on a parametric passport



Источник: авторская разработка

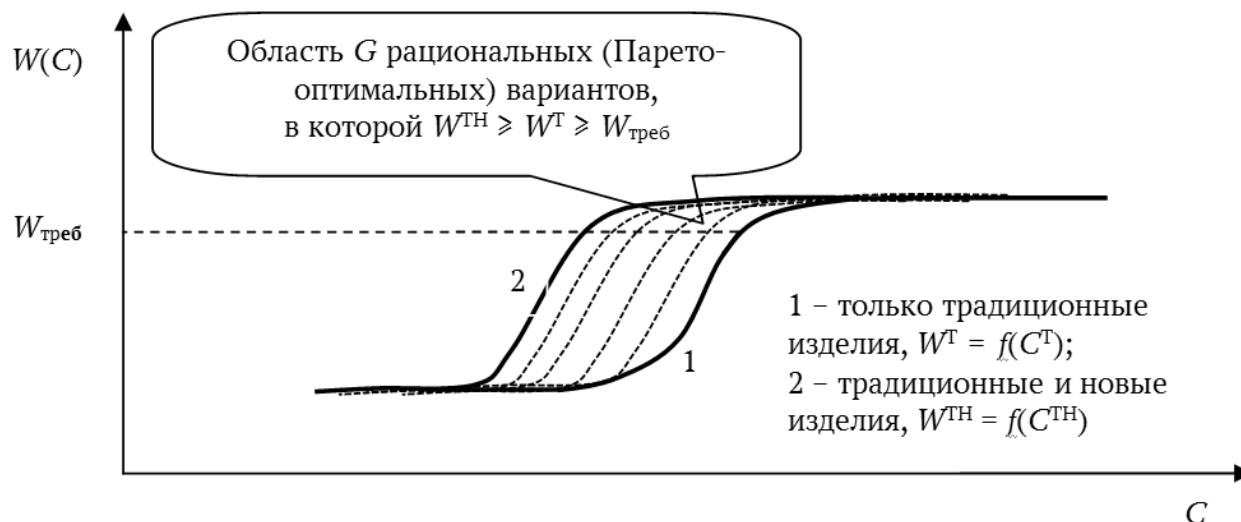
Source: Authoring

Рисунок 3

Графическое отображение области рациональных вариантов экономической динамики сложной системы при совместном использовании традиционных и новых изделий

Figure 3

Graphical representation of the area of rational variants of the economic dynamics of a complex system with the combined use of traditional and new products



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Кондратьев Н.Д. Большие циклы конъюнктуры и теория предвидения. М.: Экономика, 2002. 767 с.
2. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. Капитализм, социализм и демократия. М.: Эксмо, 2008. 864 с.
3. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993. 310 с.
4. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
5. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Время. Хаос. Квант: К решению парадокса времени. М.: КомКнига, 2005. 232 с.
6. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М.: КомКнига, 2006. 296 с.
7. Николис П., Пригожин И.Р. Познание сложного. М.: Едиториал УРСС, 2003. 344 с.
8. Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. М.: Центр компьютерных исследований, 2002. 272 с.

9. *Беленький В.З.* Оптимизационные модели экономической динамики: понятийный аппарат; одномерные модели. М.: Наука, 2007. 259 с.
10. *Василькова В.В.* Порядок и хаос в развитии социальных систем. СПб.: Лань, 1999. 480 с.
11. *Колесников А.А.* Синергетические методы управления сложными системами: Теория системного синтеза. М.: КомКнига, 2006. 240 с.
12. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики, Синергетическое мировидение. М.: КомКнига, 2005. 240 с.
13. *Кузык Б.Н., Яковец Ю.В.* Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва. М.: Экономика, 2004. 632 с.
14. *Яковец Ю.В.* Эпохальные инновации XXI века. М: Экономика, 2004. 444 с.
15. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: АСТ, 2015. 320 с.
16. *Викулов С.Ф., Кушнир А.М., Пожаров А.И., Лавринов Г.А.* Экономика военного строительства: новая парадигма / под ред. Г.А. Лавринова, С.Ф. Викулова. Ярославль: Литера, 2008. 413 с.
17. *Леонов А.В., Пронин А.Ю.* Принципы самоорганизации в разработке и реализации государственных программ // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2016. № 7. С. 36–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm?ysclid=lfh34z5oct522548083>
18. *Леонов А.В., Пронин А.Ю.* Экономическая динамика создания высокотехнологичной продукции: теория, методология и практика. М.: ИНФРА-М, 2021. 292 с.

Информация о конфликте интересов

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

A METHODOLOGY TO ANALYZE THE ECONOMIC DYNAMICS OF COMPLEX SYSTEMS AT THE STAGES OF STATE PROGRAMS DEVELOPMENT

Aleksandr V. LEONOV ^{a,*};

Aleksei Yu. PRONIN ^b

^a Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences (RARAN),
Moscow, Russian Federation
alex.clein51@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8948-1311>

^b Russian Academy of Rocket and Artillery Sciences (RARAN),
Moscow, Russian Federation
pronin46@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8947-3047>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 92/2023
Received 19 March 2023
Received in revised form
27 March 2023
Accepted 3 April 2023
Available online
27 April 2023

JEL classification: O21,
O32, O33

Keywords: economic
dynamics, complex
system, methodology,
government program

Abstract

Subject. The article addresses the economic dynamics of complex systems at the stages of government programs development, and its analysis as a multi-level and multi-stage cyclic non-equilibrium process.

Objectives. The purpose is to devise universal methodological tools for analyzing the economic dynamics to ensure its sustainability in the current geopolitical and economic situation in the world.

Methods. The study employs the method of program-based and goal-oriented planning to create and develop complex systems for various purposes. The methodology rests on the theory of self-organization, in respect of the entropic approach to non-equilibrium processes as a new paradigm of analytical study of the economic dynamics of complex systems at the stages of State programs development.

Results. Based on the entropic approach, we constructed a cyclic model that reflects a multi-level and multi-stage process of the formation of economic dynamics. Using the latter, we formulated new theoretical and practical provisions, including a technology for the formation of sustainable economic dynamics, which rests on parametric and criteria passports. The paper describes the content of the proposed passports and gives examples of their practical use for the sustainability of the economic dynamics of complex systems, considering possible risks in the development of government programs. We established that the stability of economic dynamics is ensured by joint substantiation of the parametric and criteria passports, which, taken together, are presented as a law of the formation of stable economic dynamics. This provision is among the most important results of the study of economic dynamics, which has a theoretic and applied nature.

Conclusions. The findings can be used to develop scientific and technological programs and different-purpose projects, identify ways and means of sustainable innovative and technological development of the country, ensure defense and national security of the Russian Federation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2023

Please cite this article as: Leonov A.V., Pronin A.Yu. A Methodology to Analyze the Economic Dynamics of Complex Systems at the Stages of State Programs Development. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2023, vol. 22, iss. 4, pp. 620–645.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.4.620>

References

1. Kondratieff N.D. *Bol'shie tsikly kon'yunktury i teoriya predvideniya* [Large Cycles of Conjunction and the Theory of Foreseeing]. Moscow, Ekonomika Publ., 2002, 767 p.
2. Schumpeter J.A. *Teoriya ekonomicheskogo razvitiya* [The Theory of Economic Development]. Moscow, Eksmo Publ., 2008, 864 p.
3. Glaz'ev S.Yu. *Teoriya dolgosrochnogo tekhniko-ekonomicheskogo razvitiya* [The theory of long-term technical and economic development]. Moscow, VlaDar Publ., 1993, 310 p.
4. Prigogine I.R., Stengers I. *Poryadok iz khaosa. Novyi dialog cheloveka s prirodoj* [Order Out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature]. Moscow, Progress Publ., 1986, 432 p.
5. Prigogine I.R., Stengers I. *Vremya. Khaos. Kvant: K resheniyu paradoksa vremeni* [Time. Chaos. Quantum: To the Paradox of Time]. Moscow, KomKniga Publ., 2005, 232 p.
6. Prigogine I.R. *Ot sushchestvuyushchego k voznikayushchemu: Vremya i slozhnost' v fizicheskikh naukakh* [From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences]. Moscow, KomKniga Publ., 2006, 296 p.
7. Nikolis G., Prigogine I.R. *Poznanie slozhnogo* [Exploring Complexity]. Moscow, Editorial URSS Publ., 2003, 344 p.
8. Haken H., Haken-Krell M. *Tainy vospriyatiya* [Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung]. Moscow, Tsentr komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2002, 272 p.
9. Belen'kii V.Z. *Optimizatsionnye modeli ekonomicheskoi dinamiki: ponyatiinyi apparat; odnomernye modeli* [Optimization models of economic dynamics: Conceptual framework, one-dimensional models]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 259 p.
10. Vasil'kova V.V. *Poryadok i khaos v razvitii sotsial'nykh sistem* [Order and chaos in the development of social systems]. St. Petersburg, Lan' Publ., 1999, 480 p.
11. Kolesnikov A.A. *Sinergeticheskie metody upravleniya slozhnymi sistemami: Teoriya sistemnogo sinteza* [Synergetic Methods for Controlling Complex Systems: Theory of Systems Synthesis]. Moscow, KomKniga Publ., 2006, 240 p.

12. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. *Osnovaniya sinergetiki, Sinergeticheskoe mirovidenie* [Foundations of Synergetics, Synergetic worldview]. Moscow, KomKniga Publ., 2005, 240 p.
13. Kuzyk B.N., Yakovets Yu.V. *Rossiya – 2050: strategiya innovatsionnogo proryva* [Russia – 2050: An innovation breakthrough strategy]. Moscow, Ekonomika Publ., 2004, 632 p.
14. Yakovets Yu.V. *Epokhal'nye innovatsii XXI veka* [Epochal innovations of the 21st century]. Moscow, Ekonomika Publ., 2004, 444 p.
15. Kun T. *Struktura nauchnykh revolyutsii* [The structure of scientific revolutions]. Moscow, AST Publ., 2015, 320 p.
16. Vikulov S.F., Kushnir A.M., Pozharov A.I., Lavrinov G.A. *Ekonomika voennogo stroitel'stva: novaya paradigma* [The economics of military construction: A new paradigm]. Yaroslavl, Litera Publ., 2008, 413 p.
17. Leonov A.V., Pronin A.Yu. [Principles of self-organization in the development and implementation of government programs]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2016, no. 7, pp. 36–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/printsiipy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm?ysclid=lfh34z5oct522548083> (In Russ.)
18. Leonov A.V., Pronin A.Yu. *Ekonomicheskaya dinamika sozdaniya vysokotekhnologichnoi produktsii: teoriya, metodologiya i praktika* [Economic dynamics of creating high-tech products: Theory, methodology, and practice]. Moscow, INFRA-M Publ., 2021, 292 p.

Conflict-of-interest notification

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.