

**ДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЕМ
ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ****Александр Васильевич ЛЕОНОВ^а, Алексей Юрьевич ПРОНИН^{б,*}**

^а доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
46-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны РФ,
Москва, Российская Федерация
alex.clein51@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: отсутствует

^б кандидат технических наук, старший научный сотрудник,
46-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны РФ,
Москва, Российская Федерация
pronin46@bk.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 6833-7914

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 25.12.2018
Получена в доработанном
виде 13.01.2019
Одобрена 13.03.2019
Доступна онлайн
16.05.2019

УДК 355/359

JEL: G18, G28, H11, O21

Аннотация

Тема. Актуальным направлением дальнейшего совершенствования методического инструментария управления созданием высокотехнологичной продукции в России и за рубежом является создание новых моделей с использованием синергетических методов, позволяющих в максимальной степени учесть физические процессы самоорганизации на микроуровне сложной системы. Совместное использование синергетических и традиционных методов призвано повысить эффективность управления созданием высокотехнологичной продукции.

Цели. Разработка динамической модели типового цикла самоорганизации, демонстрация эквивалентности процессов программно-целевого планирования создания высокотехнологичной продукции и самоорганизации. Выработка предложений по совместному использованию новых синергетических и традиционных методов управления созданием высокотехнологичной продукции.

Методология. В основу доказательной базы гипотезы относительно эквивалентности процессов программно-целевого планирования и циклов самоорганизации положен принцип научного силлогизма, использование которого позволило из общих и специальных посылок сформулировать заключение, в котором содержится новое научное знание. В качестве общих посылок использованы мировоззренческие и теоретические основы самоорганизации. Специальные посылки базируются на содержании этапов программно-целевого планирования создания высокотехнологичной продукции.

Результаты. Разработана модель типового цикла самоорганизации, основанная на представлении этапов формирования технологических программ по созданию высокотехнологичной продукции в виде неравновесного нелинейного процесса. В разработанной модели выделены и в вербально-формализованном виде описаны программный и синергетический циклы, отражены характерные стадии, состояния и пределы самоорганизации, причины и условия их существования и возможности математической формализации.

Значимость. Полученные результаты могут быть использованы в интересах: совершенствования методического инструментария управления формированием научно-технического задела для создания наукоемкой продукции; обеспечения стабильности долгосрочных технологических программ, снижения риска при их реализации; определения способов и путей устойчивого инновационно-технологического развития страны; обеспечения обороны и национальной безопасности Российской Федерации.

Ключевые слова:

высотехнологичная
продукция, динамическая
модель, типовой цикл,
самоорганизация,
технологическая
программа

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Леонов А.В., Пронин А.Ю. Динамическая модель управления созданием высокотехнологичной продукции // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2019. – Т. 15, № 5. – С. 798 – 816.
<https://doi.org/10.24891/ni.15.5.798>

Введение

Основными этапами программно-целевого планирования создания высокотехнологичной продукции (ВТП) являются [1]:

- определение цели создания и обоснование требований к ВТП;
- формирование исходного перечня элементов (технологий);
- формирование множества возможных вариантов создания ВТП;
- сбалансирование (упорядочение) элементов в вариантах;
- обоснование выбора рационального варианта создания ВТП;
- формирование программы создания образца ВТП и его реализация.

Совокупность перечисленных этапов представляет собой программный цикл планирования создания ВТП, в котором всегда присутствует ключевой этап (цикл) сбалансирования. Смысл этого важнейшего понятия заключается в следующем [2]. Сбалансирование – это процесс установления отношений между различными элементами системы, а сбалансированность – это результат установления отношений между различными элементами системы; соотношение взаимно обусловленных элементов, обеспечивающее нормальное функционирование технической системы.

Приведем некоторые примеры сбалансирования. Одним из принципов финансовой политики России является сбалансированность бюджета – как на этапах его формирования, так и на этапах исполнения. Данный принцип характеризует соответствие бюджетных расходов различным источникам их финансирования.

В программно-целевом планировании развития сложных систем рассматриваются прямая и обратная задачи сбалансирования [2]:

- *прямая задача* связана с необходимостью поиска такого распределения заданного объема выделенных финансовых ресурсов по элементам системы, чтобы обеспечивался максимальный уровень эффективности (качества) системы. Здесь балансируемыми параметрами являются объемы финансовых ресурсов, выделяемых на создание отдельных элементов;
- *обратная задача* связана с необходимостью минимизации затрат на создание системы, чтобы обеспечивался заданный (требуемый) уровень эффективности (качества) системы. Здесь балансируемыми параметрами являются уровни эффективности (качества) элементов.

Приведем конкретный технологический пример. В рамках программно-целевого планирования создания технологий типичными этапами, на которых решается задача сбалансирования, являются [1, 2]:

- 1) обоснование перечня технологий, возможных альтернативных его вариантов и выбор наиболее предпочтительного варианта;
- 2) формирование программы создания технологий (далее – технологической программы, ТП), возможных вариантов ТП и поиск рационального варианта;
- 3) определение потребных объемов ассигнований ТП, возможных вариантов финансирования программы (различных по заказчикам и выделяемым ресурсам) и выбор рационального варианта;
- 4) формирование перечня исполнителей ТП (предприятий для участия в конкурсе), возможных вариантов ее реализации и выбор рационального варианта.

В настоящей статье мы поставили цель показать, что программный цикл, в том числе цикл сбалансирования, являются, по сути, циклами самоорганизации, причем программный цикл является внешним циклом, а цикл сбалансирования является внутренним циклом самоорганизации, и соотносятся они между собой как целое и часть. Таким образом, возникла задача установить эквивалентность цикла программно-целевого планирования создания ВТП и цикла самоорганизации. Необходимость решения данной задачи вызвана насущной потребностью применения новых синергетических методов управления сложными системами [3], позволяющих совместно с традиционными методами повысить эффективность управления созданием ВТП.

В основу доказательной базы гипотезы относительно эквивалентности цикла программно-целевого планирования создания ВТП и цикла самоорганизации положен принцип научного силлогизма¹. Согласно данному принципу, из общих и специальных посылок формируется итоговое заключение, в котором содержится новое научное знание [4, 5]. В обобщенном виде модель научного силлогизма показана на *рис. 1*.

В качестве общих исходных посылок использованы мировоззренческие теоретические основы самоорганизации² [6–9], а также некоторые наши разработки [2, 10], касающиеся вопросов самоорганизации сложных технических систем различного назначения. Специальные посылки основываются на содержании приведенных ранее этапов программно-целевого планирования создания ВТП и технологий. В виде заключения сформирована динамическая модель типового цикла самоорганизации (ТЦС), в рамках которого осуществляется управление созданием ВТП, его содержание (в том числе характерные

стадии, состояния и пределы самоорганизации, причины и условия их существования, возможность математической формализации) и принципы предельной самоорганизации.

В связи с изложенными положениями нами рассмотрены следующие вопросы: обобщенный порядок управления созданием ВТП на этапах формирования технологических программ, содержание динамической модели ТЦС, принципы предельной самоорганизации и возможность их использования в управлении технологическими программами по созданию ВТП.

Обобщенный порядок управления созданием ВТП на этапах формирования технологических программ

Практика обоснования государственных программ [1, 2, 10] показывает, что основные этапы формирования ТП по созданию ВТП в обобщенном виде можно представить в виде трех основных блоков, в том числе: обоснования потребностей в ВТП, определения возможностей по созданию ВТП с заданными свойствами и блока самоорганизации (*рис. 2*). Блок самоорганизации является основным. В рассматриваемом блоке производится сравнительная оценка потребностей с возможностями. К основным программным мероприятиям блока самоорганизации целесообразно отнести: обоснование и формирование исходного перечня элементов (технологий); формирование множества возможных вариантов ТП; сбалансирование (упорядочение) элементов ТП (повариантно); обоснование и выбор рационального варианта ТП.

Далее приведены особенности управления созданием ВТП в рамках перечисленных программных мероприятий.

Обоснование и формирование исходного перечня элементов осуществляется, как правило, с учетом приоритетов и целей государственной политики Российской Федерации в сфере экономического, научно-технологического и социального развития и

¹ Научный силлогизм – это дедуктивное умозаключение.

² Зимон А.Д. Физическая химия: учебник для вузов. М.: Агар, 2006. 320 с.; Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем // Синергетика. Труды семинара. Т. 7. М.: Изд-во МГУ, 1999.

обеспечения безопасности страны, а также в соответствующей системе исходных данных. Следует заметить, что при обосновании и формировании перечня элементов необходимы результаты анализа и оценки существующего уровня развития ВТП.

Процесс формирования множества возможных вариантов ТП целесообразно рассматривать как способ преодоления неопределенностей (финансовых, экономических и др.), возникающих в ходе разработке новой ТП в целях принятия необходимых и своевременных мер по их парированию. Следует отметить, что на данном этапе, многовариантность является своеобразным механизмом адаптации к изменениям различных условий (внутренних и внешних). Следовательно, многовариантность может выступать как механизм преодоления неопределенностей на первоначальных этапах формирования ТП и обеспечения рационального распределения ресурсов, выделяемых на создание ВТП.

Проведение мероприятий по сбалансированию способствует достижению такого количественно-качественного состава элементов, при котором осуществляется решение стоящих задач ВТП при минимальных затратах. Помимо этого, сбалансирование обеспечивает согласованную реализацию мероприятий (НИР, ОКР и др.) по созданию ВТП. Отказ от принципа сбалансирования может привести к возникновению диспропорций в процессе создания как отдельных элементов продукции, так и всего изделия ВТП в целом.

Наличие мероприятий по сбалансированию позволяет представить многоэтапный процесс программно-целевого планирования (ПЦП) по созданию ВТП как самоорганизацию. Раскрытие физической сущности данного процесса целесообразно осуществлять с позиций теории самоорганизации. При этом сущность самоорганизации заключается не только в определении цели создания ВТП, формировании исходного перечня элементов и множества возможных вариантов создания ВТП, но и в искусстве делать выбор рационального варианта из этого множества.

Важность этого положения имеет исключительное значение для современного этапа инновационно-технологического развития страны, обеспечения ее обороны и безопасности. Ведь недостаточная осмотрительность в решении ключевого вопроса отбора базисных технологий для внедрения в перспективные изделия ВТП чревата весьма негативными последствиями, особенно для национальной безопасности страны.

Динамическая модель типового цикла самоорганизации и его содержание

Анализ литературных источников³ [2, 10] показывает, что наилучшим образом понимание процесса самоорганизации на этапах обоснования ТП дает совместное использование мировоззренческих и физических положений. Базируясь на этих положениях, программный цикл (ПЦ) обоснования ТП по созданию ВТП представлен в виде неравновесного нелинейного процесса. Неотъемлемой частью ПЦ является синергетический цикл (СЦ).

Динамическая модель типового цикла самоорганизации показана на *рис. 3*.

Рассмотрим последовательно содержание управления созданием ВТП в рамках программного и синергетического циклов самоорганизации.

Программный цикл самоорганизации. В качестве функции состояния *S* на *рис. 3* рассматривается степень упорядоченности элементов на этапах ПЦП создания ВТП, то есть обоснования и формирования технологических программ. Рассмотрим стадии, состояния и условия процесса самоорганизации.

На начальном этапе обоснования и формирования программ интенсивность процессов самоорганизации незначительна, управление в основном осуществляется в рамках организационных мероприятий. Процессы самоорганизации наиболее активно

³ Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем // Синергетика. Труды семинара. Т. 7. М.: Изд-во МГУ, 1999.

проявляются, начиная с обоснования и формирования перечня элементов, и далее – формирования множества возможных вариантов ТП, сбалансирования и формирования рационального варианта.

Управление процессом самоорганизации осуществляется на двух неразрывно взаимосвязанных и последовательно сопряженных (коррелированных) стадиях а) и б).

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

В рамках стадии «б» осуществляется антиэнтропийный (компенсационный) процесс (поток $S^- \rightarrow 0$), направленный в сторону уменьшения неравновесности до определенного нижнего предела $S^H_{\text{пр}}$ (за счет управляющих воздействий UB^- , направленных на формирование множества возможных вариантов ТП, сбалансирование и выбор рационального варианта) с последующей реализацией накопленного инновационного потенциала.

В целом, процесс изменения функции S состояния описывается следующим динамическим уравнением⁴:

$$\frac{dS}{dt} = \frac{dS^+}{dt} - \frac{dS^-}{dt}, \quad (1)$$

⁴ Зимон А.Д. Физическая химия: учебник для вузов. М.: Агар, 2006. 320 с.; Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем // Синергетика. Труды семинара. Т. 7. М.: Изд-во МГУ, 1999.

где $\frac{dS^+}{dt}$ отражает стадию а) процесса самоорганизации, направленного в сторону разупорядочения предыдущего равновесного состояния и резкого возрастания потока энтропии за счет поступления в состав ТП новых (инновационных) элементов, даже в незначительном их числе. Эта стадия является наиболее важной, поскольку ее динамика обусловлена качеством тех элементов, которые подлежат включению во вновь формирующуюся ТП, то есть тем инновационно-технологическим (модернизационным) потенциалом, который закладывается в создаваемые изделия ВТП.

В свою очередь, $\frac{dS^-}{dt}$ отражает компенсационную (антиэнтропийную) стадию б) процесса самоорганизации, направленного в сторону снижения потока энтропии (произведенной на предыдущей стадии), за счет увеличения числа возможных вариантов ТП и упорядочения в них элементов. Знак «-» означает, что компенсационный процесс направлен в сторону, противоположную классическому энтропийному процессу.

Особенностью процессов S^+ и S^- является их совместное существование (они начинаются и заканчиваются одновременно, однако их интенсивность может быть весьма различной на разных стадиях процесса самоорганизации) и иметь разнонаправленный характер в цикле самоорганизации, то есть циклическому процессу самоорганизации присуща двойственность и предельность (ограниченность): самоорганизация имеет нижний и верхний пределы.

На основании графического отображения энтропийной динамики и анализа выражения (1) можно сделать вывод о том, что стадии а) и б) цикла самоорганизации являются симметричными. В идеальных условиях возможна полная эквивалентность энтропийного и антиэнтропийного потоков. В этом случае компенсационная энтропия может быть определена с использованием оценок меры самоорганизации на энтропийной стадии процесса при

соблюдении константного баланса суммы классической энтропии и компенсационной энтропии. Согласно априорному принципу баланса энтропии, когда $dS^+ = dS^-$, увеличение потока S^+ приводит к симметричному росту компенсационной энтропии S^- . Дополнительно можно утверждать, что в принципе может существовать расширение (сжатие) этих стадий по вертикали или горизонтали при возрастании (убывании) функции S до определенного предела, являющегося максимумом (минимумом) функции. Возможность расширения (сжатия) функции S обусловлена многими причинами, в том числе интенсивностью насыщения ТП новыми элементами, используемыми методами формирования вариантов ТП и упорядочения в них элементов, обоснования выбора рационального варианта и соответствующими им управляющим воздействиям. Кроме того, самоорганизация имеет определенный жизненный цикл, который проиллюстрирован на *рис. 3* в форме неравновесного процесса, включающего две разнонаправленные стадии.

На основании изложенного представляется возможным сформулировать три необходимых условия самоорганизации. *Первым условием* является рассмотрение мероприятий по формированию ТП как неравновесного процесса. Неравновесность способствует возникновению процесса самоорганизации и играет важную роль в возникновении и росте самоорганизации, а функция S является мерой самоорганизации. *Еще одним условием* самоорганизации является равенство между входами одного процесса S^- и выходами другого – S^+ , то есть формирование исходного перечня элементов является необходимым условием для формирования множества возможных вариантов ТП, последующего сбалансирования (упорядочения) в них элементов и обоснования выбора рационального варианта. *Третье условие* самоорганизации непосредственно связано с возможностью установления определенных отношений между элементами при их упорядочении, которые формируются в

соответствии с заданными внешними критериями.

Выполнение данных условий приводит к выводу, что рассмотренные стадии процесса самоорганизации представляют собой определенный замкнутый цикл с некоторыми начальными параметрами и конечными результатами, а наличие верхнего и нижнего пределов самоорганизации позволяет говорить о нелинейности исследуемого процесса, необходимости анализа его стадий и состояний, а также о возможности управления процессом самоорганизации.

Синергетический цикл самоорганизации. Современные тенденции к рациональному распределению бюджетных ассигнований, выделяемых на создание ВТП, обуславливают необходимость совершенствования существующих и поиска новых теоретико-методических подходов, методов и способов сбалансирования. Действительно, сформированные варианты ТП по созданию ВТП можно считать полностью сбалансированными, если использованы не только внешние ресурсы (качество и количество различных инновационных элементов, ассигнования, выделяемые на создание ВТП, и др.), но и внутренние ресурсы самоорганизации.

Основные физические процессы самоорганизации, которые целесообразно учитывать при проведении мероприятий по сбалансированию, приведены в *табл. 1*.

Необходимость учета рассмотренных физических процессов самоорганизации обусловлена возможностью каждого элемента программы формировать с другими элементами некоторые связи и объединяться в синергетические кластеры. Данный фактор необходимо учитывать при проведении анализа внутренних процессов самоорганизации в ходе сбалансирования.

Далее более подробно рассмотрим физические процессы самоорганизации, приведенные в *табл. 1*, применительно к этапу сбалансирования элементов ТП по созданию перспективных изделий ВТП.

Взаимодействия. Под взаимодействием понимается взаимное влияние программных элементов в процессе сбалансирования программы, которое приводит к образованию корреляционных связей, когерентности и в конечном счете – к формированию резонансной структуры. Поскольку все элементы технологической программы прямо или косвенно связаны друг с другом, то даже незначительные изменения (например, добавление элемента в технологические программы или удаление из них) в общем случае могут изменить отношение между другими элементами, приводя к рассогласованию, разбалансированности ТП, сформированной в предыдущем программном цикле. В то же время, если взаимное влияние элементов не учитывать, то программа будет представлять совокупность несвязанных между собой элементов.

Корреляция – это процесс установления связей между различными элементами. По масштабу корреляции могут быть близкодействующими (между элементами технологической программы) и дальнodayствующими – когерентность (между частями технологической программы).

Корреляции – это не сами взаимодействия, а связи элементов друг с другом (корреляционные связи). Разница между понятиями «корреляции» и «взаимодействия» состоит в том, что взаимодействие элементов является частью общего понятия «система», а корреляции описывают связи между различными элементами в процессе формирования ТП.

Диффузия – это целенаправленный процесс перемещения элементов в заданном объеме ТП (объем программы определяется ее размерностью). Понятие «диффузия» отражает механизм распространения корреляций в пространстве и во времени.

Распространение корреляционных связей на части ТП способствует появлению дальнodayствующих корреляций – когерентности.

Когерентность – это процесс осуществления дальнodayствующих корреляций между

различными разделами ТП. Дальнodayствующие корреляции зависят от различных условий, то есть от масштаба рассмотрения элементов в рамках ТП. Близкодействующие корреляции определяются взаимодействием между отдельными элементами, а дальнodayствующие корреляции (когерентность) определяются общими характеристиками ТП (эффективность, затраты). Учет дальнodayствующих корреляций при обосновании и формировании ТП – это способ согласования ее частей. В данном случае сбалансированная программа представляет собой единое целое, каждая часть которого оказывает влияние на поведение всех остальных частей. Корреляционные связи между отдельными элементами и когерентно-согласованное поведение частей ТП способствует появлению резонансов.

Резонанс – это наивысшая форма корреляционно-когерентной связи между элементами и частями программы. Резонансы могут возникнуть только при учете взаимного влияния элементов программы. Резонансы как бы «отвечают» за невозможность исключения согласованного поведения элементов и частей ТП. Следовательно, сбалансированная программа будет представлять собой сложное когерентное образование – резонансную структуру, в которой все элементы упорядочены и согласованы в рамках заданных критериев сбалансирования. Между элементами программы устанавливается *резонансно-индуктивная связь*, при которой поведение элементов программы строго согласовано. Смысл «индуктивности» в данном случае заключается в учете взаимного влияния элементов программы друг на друга при проведении мероприятий по сбалансированию. В качестве источников появления корреляций и когерентности, приводящих к формированию резонансно-индуктивной связи, целесообразно выделить:

- 1) перекрытие функциональных возможностей элементов по решению различных задач;
- 2) перераспределение задач между традиционными и новыми элементами при их совместном использовании, которое

приводит к повышению эффективности решения какой-либо функциональной задачи (или множества задач), за счет возникновения синергетического эффекта;

- 3) перестроение элементов программы по шкале жизненного цикла «вправо» или «влево» при сбалансировании различных мероприятий и др.

Резонансами объясняются различные синергетические эффекты, возникающие при совместном использовании традиционных и новых элементов в составе сложной системы [10].

Таким образом, ТЦС состоит из двух взаимосвязанных и следующих друг за другом состояний: равновесного и неравновесного (включающего в себя стационарное состояние системы, независимое от времени), а также двух циклов самоорганизации (программного и синергетического), что служит основными предпосылками для формирования принципов предельной самоорганизации.

Принципы предельной самоорганизации и возможность их использования в управлении технологическими программами по созданию ВТП

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

Пределы самоорганизации существуют для стационарного и равновесного состояния. Нижний предел (состояние равновесия) и верхний предел (стационарное состояние) являются противоположными состояниями. Общая характеристика состояний приведена в табл. 2.

В реальных условиях абсолютные пределы самоорганизации ($S_{\text{пр}}^B \rightarrow \infty$ и $S_{\text{пр}}^H \rightarrow 0$) в принципе не могут быть достигнуты ввиду имеющихся ограничений (технического, технологического и экономического, а также организационного характера), которые накладываются на верхний и нижний пределы самоорганизации. В этом случае математически формализацию верхнего и

нижнего предела функции S можно записать так.

Верхний предел функции S :

число $S_{\text{пр}}^B$ является верхним пределом функции S при $S^+ \rightarrow \infty$,

если для $\forall \varepsilon > 0, \exists \delta = \delta(\varepsilon)$ такое, что $\forall S^+, |S^+| \geq \delta \rightarrow |S^+ - S_{\text{пр}}^B| \leq \varepsilon$, то есть

$$\lim S^+ = S_{\text{пр}}^B \text{ или } S^+ \rightarrow S_{\text{пр}}^B \text{ при } S^+ \rightarrow \infty. (2)$$

Нижний предел функции S :

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

$$\forall S^-, |S^-| \geq \delta \rightarrow |S^- - S_{\text{пр}}^H| \leq \varepsilon, \text{ то есть}$$

$$\lim S^- = S_{\text{пр}}^H \text{ или } S^- \rightarrow S_{\text{пр}}^H \text{ при } S^- \rightarrow \infty. (3)$$

Отметим некоторые особенности верхнего предела самоорганизации в стационарном состоянии системы. В этом состоянии:

- целевым образом формируется множество возможных вариантов ТП, обеспечивающих ее адаптацию к изменению внешних условий и факторов при заданных внешних критериях (например, максимум эффективности при заданных ограничениях на затраты или минимум затрат для достижения требуемой эффективности);
- устанавливаются новые корреляционно-когерентные связи между элементами и частями ТП, отражающие их коллективное (совместное) поведение, обеспечивая при этом адаптацию к внешним условиям и факторам.

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

продолжительность этапов обоснования ТП по созданию ВТП устанавливается нормативными документами, то предельные временные отрезки самоорганизации строго фиксированы, а пределы самоорганизации устанавливаются в соответствии с достижением требуемых внешних критериев. Следует отметить, что ТЦС в принципе начинается уже с установления цели создания ВТП и требований к ее будущему облику и заканчивается обоснованием выбора рационального варианта ТП. Однако для глубокого анализа двухстадийного процесса самоорганизации с учетом стационарного состояния $dS^+ = dS^-$ и равновесных состояний $dS^+ = dS^- = 0$ представляется целесообразным ввести понятие «внутреннее время» (время самоорганизации или цикла самоорганизации – $t_{\text{сам}}$), поскольку «внешний» временной параметр – программное время $t_{\text{пр}}$ – недостаточно соответствует задачам анализа процессов и состояний цикла самоорганизации, то есть $t_{\text{сам}} \neq t_{\text{пр}}$. Данное предположение обусловлено необходимостью учета внутренних корреляционно-когерентных связей между элементами ТП на этапе сбалансирования.

Представляется важным отметить «цену» поддержания стационарного состояния системы и в целом всего цикла самоорганизации. Чтобы поддерживать систему в стационарном состоянии, необходим ее обмен с окружающей средой (то есть система должна быть открытой). Это условие предполагает наличие рациональных UB^+ , направленных на формирование исходного перечня элементов, включающего в свой состав традиционные и новые, в том числе инновационные, элементы. При этом возникновение и стремительный рост потока $S^+ \rightarrow \infty$, порождаемого 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 ТП. В то же время принципы

предельной самоорганизации бессильны помочь нам в решении вопросов, касающихся ответственности ЛПР за выбранный вариант ТП. Другим словами, «цена выбора» остается за пределами цикла самоорганизации. Таким образом, наличие потока $S^+ \rightarrow \infty$, порождаемого UB^+ , является необходимой предпосылкой и инновационным потенциалом для осуществления компенсационного процесса $S^-(U^-)$. 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 развитии ВТП. С учетом неравновесного состояния прошлое равновесное состояние отделено от будущего нового состояния определенным временным интервалом, продолжительность которого определяется характерным временем $t_{\text{сам}}$. Таким образом, цикл самоорганизации приобретает продолжительность.

Представляется также целесообразным учитывать вклад отдельных стадий и состояний (и в целом ТЦС) в будущее состояние ВТП в целях повышения эффективности управления развитием ВТП. Вербальное описание стадий и состояний ТЦС приведено в табл. 3.

Таким образом, ПЦП создания ВТП представляет собой самоорганизацию с устойчиво и точно повторяющимися программными и синергетическими циклами. С использованием функции S удается описать многообразие процессов, происходящих при обосновании и формировании программ по созданию ВТП в ходе реализации этапов ПЦП. При этом отдельные составные части а) и б) данного процесса последовательно взаимосвязаны, однако имеют разную долю проявлений, реализуются в поле неравновесных событий и различаются лишь направленностью. Кроме того, процесс а) является необходимой предпосылкой для возникновения процесса б), и без него не может существовать. В связи с этим возможно векторное описание сложной динамики процесса самоорганизации, в рамках которой

происходит сопряжение, сочетание и взаимный переход отдельных составных частей а) и б) единого процесса самоорганизации. В рамках заключительного этапа процесса самоорганизации осуществляется обоснование выбора рационального варианта ТП из множества возможных вариантов.

Двойственность целей и управляющих воздействий (UB^+ и UB^-) на противоположных стадиях цикла самоорганизации детерминируют существование оптимального уровня (диапазона) существования пределов самоорганизации для осуществления эффективного управления созданием ВТП. Расширение или сужение предельных уровней самоорганизации обусловлено эффективностью управляющих воздействий на разных стадиях ТЦС.

Обоснование минимальных уровней UB^+ и UB^- составляет мощный ресурс воздействия, который может привести к радикальному изменению равновесного и стационарного состояния ТП. Обоснование минимального уровня воздействия («квант управляющего воздействия») является отдельной самостоятельной научной задачей, имеющей важное прикладное значение для управления созданием ВТП в условиях риска. Прикладная значимость управления на основе принципов предельной самоорганизации заключается в адекватном реагировании формируемой ТП к изменению внешних условий и факторов. Кроме того, с использованием принципов предельной самоорганизации представляется возможным:

- прийти к новому более глубокому пониманию сущности процессов развития ВТП и управления ими с использованием методологического инструментария программно-целевого планирования;
- уточнить понятия «эволюция» и «эволюционно-технологический подход». Понятие «эволюция» имеет весьма ограниченный смысл, поскольку приводит к исчезновению порождающих ее причин. Именно поэтому эволюционно-

технологический подход, который наравне с традиционным системным подходом в настоящее время находится в основе программно-целевого планирования создания и развития технологий, должен учитывать циклы самоорганизации, типовая модель которого приведена в данной статье.

Области практического использования предлагаемой динамической модели

К основным экономическим задачам, для решения которых может быть использована предложенная авторами динамическая модель, целесообразно отнести следующие (рис. 4):

- планирование затрат (распределение ассигнований) на создание ВТП;
- регулирование экономической динамики создания ВТП;
- управление экономической динамикой ВТП;
- прогнозирование экономической динамики ВТП;
- снижение рисков при создании ВТП;
- повышение устойчивости экономической динамики ВТП к внешним и внутренним факторам;
- повышение эффективности программных мероприятий по созданию ВТП;
- оценка эффективности мероприятий по унификации при создании ВТП;
- автоматизация управления созданием и развитием ВТП;
- оценка технико-экономической эффективности программных мероприятий по созданию ВТП;
- формирование эффективных алгоритмов расчета ожидаемых затрат на создание ВТП;
- обоснование (определение) рациональной кооперации предприятий-разработчиков и изготовителей изделий ВТП в ведомствах, заказывающих ВТП.

Заключение

В данной статье решены следующие задачи.

1. Разработан обобщенный порядок формирования ТП по созданию ВТП, в котором ключевую роль играет блок самоорганизации. Основными составными частями данного блока являются программные мероприятия по обоснованию исходного перечня элементов (технологий) для включения в проект ТП, формированию множества возможных вариантов ТП, сбалансированию (упорядочению) элементов ТП, обоснованию и выбору рационального варианта программы. Установлено, что наличие данных мероприятий позволяет идентифицировать многоэтапный процесс ПЦП создания ВТП как самоорганизацию, к раскрытию физической сущности которого следует подходить с позиций именно теории самоорганизации.

2. В разработанной динамической модели типового цикла самоорганизации установлены характерные стадии, состояния и пределы самоорганизации, причины и условия их существования. Многоэтапный процесс обоснования, формирования и практической реализации ТП по созданию и развитию ИТС представлен как целостная взаимосвязанная совокупность циклов самоорганизации, в том числе программного и синергетического циклов. Сформулированы принципы предельной самоорганизации, использование которых дает необходимую предпосылку для разработки эффективных методов интегрированного управления созданием ВТП. Полученные результаты могут получить свое воплощение в конкретном технологическом, техническом или экономическом контекстах.

3. Дальнейшее совершенствование динамической модели управления созданием

ВТП целесообразно в следующих направлениях:

- математическая формализация важнейших стадий типового цикла самоорганизации;
- обоснование критериев оценки состояния и уровня самоорганизации на этапах программно-целевого планирования;
- разработка метода (модели) интегрированного управления созданием и развитием ВТП в условиях риска (в том числе недостаточного объема исходных данных и их неопределенности);
- расширение сферы использования модели типового цикла самоорганизации на весь жизненный цикл ВТП, т.е. придания ей универсального характера.

4. Практическое применение предложенной динамической модели управления созданием высокотехнологичной продукции с экономической точки зрения видится в двух основных направлениях: обоснование потребного объема бюджетных ассигнований на создание и развитие высокотехнологичной продукции по этапам самоорганизации (прямая задача); распределение выделенного объема ассигнований на создание высокотехнологичной продукции (обратная задача).

5. Предложено рассматривать теорию самоорганизации как важнейшее познавательное средство исследования и управления развитием ВТП. На основе теории самоорганизации представляется возможным объединить все современные методологические достижения в области обоснования инновационно-технологического развития сложных систем.

Таблица 1**Физические процессы самоорганизации****Table 1****Physical processes of self-organization**

Физический процесс	Смысл физического процесса самоорганизации
Взаимодействие	Отражает взаимное влияние элементов
Корреляция	Отражает связи, возникающие между элементами (близкодействующие корреляции)
Диффузия	Отражает целенаправленное перемещение элементов
Когерентность	Отражает связи, возникающие между частями системы (дальнодействующие корреляции)
Резонанс	Отражает такую согласованность элементов, при которой выполняются критериальные требования к сбалансированности ТП

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2**Общая характеристика состояний****Table 2****General characteristics of states**

Принципы и критерии предельной самоорганизации	Состояния	
	равновесное*	стационарное
Пределы самоорганизации	Нижний предел, $S_{\text{пр}}^H$ при $S \rightarrow 0$	Верхний предел, $S_{\text{пр}}^B$ при $S \rightarrow \infty$
Критерии оценки	$dS^+ = dS^- = 0$, $UB^+ = UB^- = 0$	$dS^+ = dS$, $UB^+ = UB^-$
Степень упорядоченности элементов	Строго упорядочены	Формирование множества возможных вариантов ТП и упорядочение в них элементов

Примечание. * Существует два равновесных состояния ТП: первое соответствует начальному состоянию – это начало нового этапа обоснования ТП, когда $S^+ = 0$; второе равновесное состояние соответствует новому равновесному состоянию этой же ТП, когда $S^- \rightarrow 0$. В равновесном состоянии элементы ТП находятся в строго упорядоченном положении (см. рис. 2).

Источник: авторская разработка

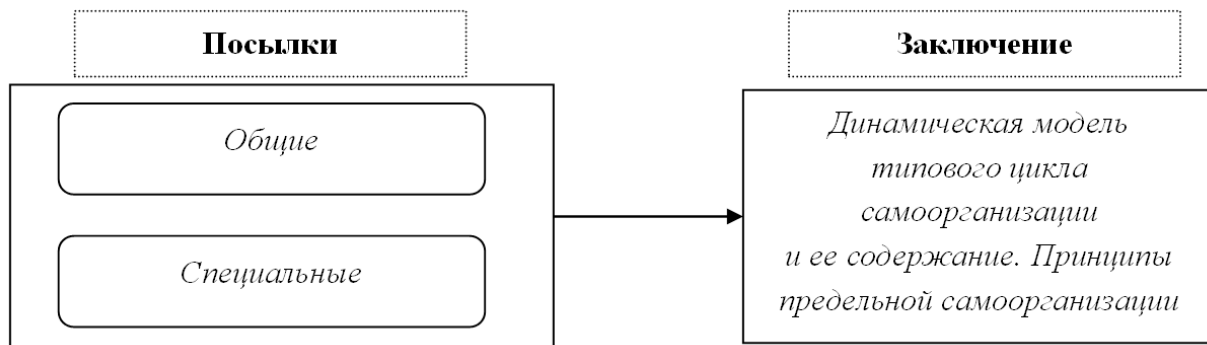
Source: Authoring

Таблица 3**Вербальное описание стадий и состояний типового цикла самоорганизации (ТЦС)****Table 3****Verbal description of phases and states of a typical self-organization cycle**

№ п/п	Стадии и состояния ТЦС	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 ТП	$dS^+ = dS^- \rightarrow 0$
6	Новое равновесное состояние	$S^- = 0$

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 1**Модель научного силлогизма****Figure 1****The model of scientific syllogism**

Источник: авторская разработка

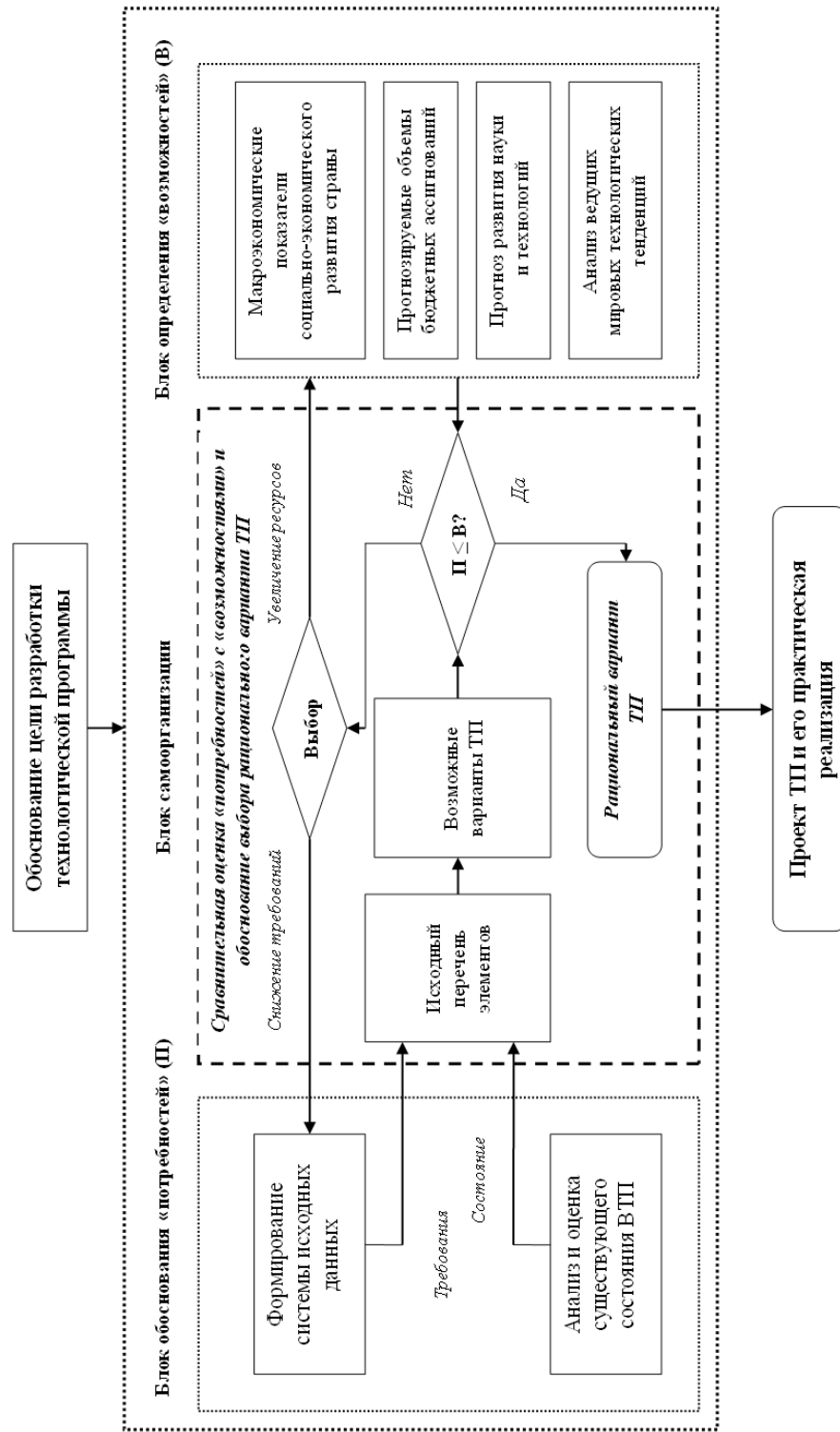
Source: Authoring

Рисунок 2

Обобщенный порядок управления созданием ВТП на этапах формирования технологических программ

Figure 2

The general procedure for high-tech production management throughout phases of the formation of technological programs



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3
Динамическая модель типового цикла самоорганизации

Figure 3
The dynamic model of a typical self-organization cycle



Источник: авторская разработка

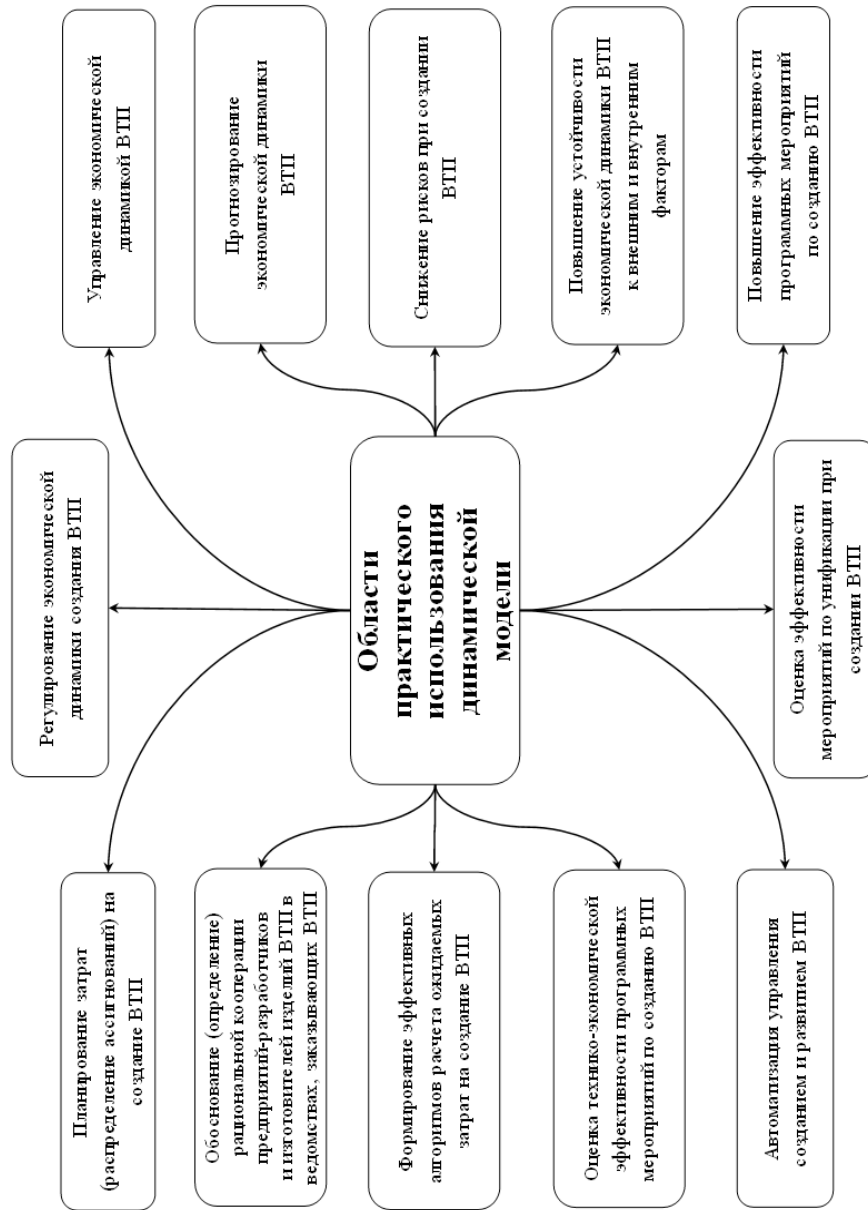
Source: Authoring

Рисунок 4

Экономические задачи, в рамках которых предлагается использовать разработанную модель

Figure 4

Economic tasks involving the proposed model



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Купол, 2009. 624 с.
2. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Анализ проблемы сбалансирования на этапах создания высокотехнологичной продукции // *Экономический анализ: теория и практика*. 2018. Т. 17. Вып. 2. С. 265–284. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.2.265>
3. Колесников А.А. Синергетические методы управления сложными системами. Теория системного синтеза. М.: КомКнига, 2006. 240 с.
4. Чанышев А.Н. Аристотель. М.: Мысль, 1981. 221 с.
5. Юнусов А.Т. Принцип противоречия как аксиома: к вопросу о происхождении и статусе «общих начал» в философии Аристотеля // *Вопросы философии*. 2017. № 1. С. 122–132.
6. Пригожин И.Р. От существующему к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: КомКнига, 2006. 296 с.
7. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. М.: КомКнига, 2005. 255 с.
8. Пригожин И.Р., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986. 432 с.
9. Колесников А.А. Когнитивные возможности синергетики // *Вестник Российской академии наук*. 2003. Т. 73. № 8. С. 727–734.
10. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Принципы самоорганизации в разработке и реализации государственных программ // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016. Т. 12. Вып. 7. С. 36–53. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/printsiipy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm>

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.

THE DYNAMIC MODEL FOR HIGH-TECH PRODUCTION MANAGEMENT

Aleksandr V. LEONOV^a, Aleksei Yu. PRONIN^{b,*}^a 46th Central Research Institute of Ministry of Defense of Russian Federation, Moscow, Russian Federation
alex.clein51@yandex.ru
ORCID: not available^b 46th Central Research Institute of Ministry of Defense of Russian Federation, Moscow, Russian Federation
pronin46@bk.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:Received 25 December 2018
Received in revised form
13 January 2019
Accepted 13 March 2019
Available online
16 May 2019**JEL classification:**

G18, G28, H11, O21

Keywords: high-tech
product, dynamic model,
typical cycle, technological
program, self-organization**Abstract****Subject** Modeling based on synergistic methods is a modern way of improving a methodological framework for high-tech production management in Russia and abroad. Synergistic and traditional methods are intended to make high-tech production more effective.**Objectives** The research aims to devise a dynamic model of a typical self-organization cycle, demonstrate that management by objectives in high-tech production and self-organization are equivalent. We articulate our proposals for the combined use of synergistic and traditional methods of high-tech production management.**Methods** We rely upon the scientific method of syllogism to verify the hypothesis stating that management by objectives and self-organization principles are equivalent. Referring to general and specific assumptions, we inferred a new conclusion revealing new scientific knowledge. General assumptions include the philosophy of life and theoretical principles of self-organization. Specific assumptions are linked to steps of management by objectives in high-tech production.**Results** We presented the model reflecting a typical cycle of self-organization. It implies that technological programs for high-tech production are formed as a non-equilibrium and non-linear process. The model includes the program and synergistic cycles, typical phases, states and limits of self-organization, reasons and conditions for their existence and possibilities to formalize them mathematically.**Conclusions and Relevance** The findings can be used to improve the methodological framework for managing high-tech production research, maintain the stability of long-term technological programs, mitigate their risks, determine methods and ways of sustainable development of innovation and technology in the country, defend and ensure the national security of the Russian Federation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Leonov A.V., Pronin A.Yu. The Dynamic Model for High-Tech Production Management. *National Interests: Priorities and Security*, 2019, vol. 15, iss. 5, pp. 798–816.
<https://doi.org/10.24891/ni.15.5.798>**References**

1. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. *Razvitie voennykh tekhnologii XXI veka: problemy, planirovanie, realizatsiya* [The development of military technologies in the 21st century: Problems, planning, implementation]. Tver, Kupol Publ., 2009, 624 p.
2. Leonov A.V., Pronin A.Yu. [Analyzing the balancing problem at the stages of creating high-tech products]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 2, pp. 265–284. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.2.265>

3. Kolesnikov A.A. *Sinergeticheskie metody upravleniya slozhnymi sistemami. Teoriya sistemnogo sinteza* [Synergistic methods for managing complex systems. Theory of system synthesis]. Moscow, KomKniga Publ., 2006, 240 p.
4. Chanyshhev A.N. *Aristotel'* [Aristotle]. Moscow, Mysl' Publ., 1981, 221 p.
5. Yunusov A.T. [The principle of contradiction as an axiom: Regarding the origin and the status of the “Common Principles” in Aristotle’s philosophy]. *Voprosy Filosofii*, 2017, no. 1, pp. 122–132. (In Russ.)
6. Prigogine I.R. *Ot sushchestvuyushchego k voznikaiushchemu. Vremya i slozhnost' v fizicheskikh naukakh* [From Being to Becoming: Time and Complexity in the Physical Sciences]. Moscow, KomKniga Publ., 2006, 296 p.
7. Prigogine I.R., Stengers I. *Vremya, khaos, kvant. K resheniyu paradoksa vremeni* [The End of Certainty: Time, Chaos and the New Laws of Nature]. Moscow, KomKniga Publ., 2005, 255 p.
8. 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.
9. Kolesnikov A.A. [The cognitive potential of synergy]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk = Bulletin of the Russian Academy of Sciences*, 2003, vol. 73, no. 8, pp. 727–734. (In Russ.)
10. 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, vol. 12, iss. 7, pp. 36–53.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/printsipy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm> (In Russ.)

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.