

МЕТОД ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ 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 Российской Федерации,
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 Российской Федерации,
Москва, Российская Федерация
pronin46@bk.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 6833-7914

* Ответственный автор

История статьи:

Получена 19.02.2019
Получена в доработанном
виде 28.03.2019
Одобрена 08.04.2019
Доступна онлайн
30.05.2019

УДК 355/359

JEL: A12, G18, G28, H61,
H62**Ключевые слова:**

высокотехнологичная
продукция, метод, затраты,
самоорганизация,
технологическая программа

Аннотация

Предмет. Одной из важных задач обоснования государственных технологических программ является планирование затрат на создание высокотехнологичной продукции. Эта задача особенно актуальна в условиях жестких ограничений на бюджетные ассигнования, что вызывает необходимость совершенствования существующих и поиска новых подходов, методов и способов планирования затрат.

Цели. Разработка метода планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции на основе использования физического явления гистерезиса, механизмов его возникновения и возникающих при этом эффектов.

Методология. Исходными методологическими предпосылками служат механизм возникновения синергетических эффектов, установленный в результате обобщения и анализа разнообразных научных формулировок явления гистерезиса, его причин и следствий; впервые сформулированное понятие синергетического гистерезиса, в основу которого положено явление нелинейного запаздывания изменения показателей системы от изменения показателей внешней среды, обусловленное физическими процессами самоорганизации на микроуровне системы.

Результаты. Разработан двухуровневый метод, главной особенностью которого является определение верхнего и нижнего уровней затрат на создание высокотехнологичной продукции, соответственно, для некоррелированной и коррелированной потребностей, в том числе для известного и неизвестного законов распределения потребности. Разработан методический инструментарий оценки верхнего и нижнего уровней затрат и синергетического эффекта, базирующегося на их сравнении. Впервые при оценке нижнего уровня затрат учтен фактор риска нехватки – дефицита ассигнований, характеризуемый продолжительностью этой нехватки. Сформулированы выводы о перспективах использования двухуровневого метода планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции.

Выводы. Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования методического инструментария при разработке долгосрочных технологических программ, снижения риска при их реализации, определения путей устойчивого инновационно-технологического развития страны, обеспечения обороны и национальной безопасности Российской Федерации.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Леонов А.В., Пронин А.Ю. Метод планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 5. – С. 817 – 836.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.5.817>

Введение

Современная тенденция рационального использования ассигнований, выделяемых на создание высокотехнологичной продукции, объективно вызывает необходимость совершенствования существующих и поиска новых теоретических подходов, методов и способов распределения ассигнований на различные мероприятия¹ в рамках технологических программ с учетом внутренних процессов, связанных с упорядочением и согласованием программных элементов между собой [1–4]. Принимая во внимание указанную тенденцию, в настоящее время представляется целесообразным использовать новые технологии распределения ассигнований, основанные на принципах самоорганизации, в соответствии с которыми процессы согласованного (коллективного) поведения элементов системы на микроуровне приводят к макроскопическим синергетическим феноменам на уровне системы в целом. Процессы самоорганизации достаточно подробно изучены на фундаментальном уровне [5–10], но в основном в отношении физических систем. Поэтому представляется целесообразным использовать достижения, полученные в фундаментальной науке, применительно к планированию затрат на создание перспективных изделий высокотехнологичной продукции, как одного из ключевых этапов обоснования и формирования технологических программ.

В связи с этим объективно возникает задача установить механизм возникновения синергетических эффектов при формировании технологических программ, чтобы разработать методический инструментарий для их экономической оценки.

В данном случае в основу этого механизма положено явление гистерезиса, при котором возникают различного рода синергетические

эффекты (технологические, технические, экономические и др.). При этом в качестве основной причины гистерезиса рассматриваются различные корреляционно-когерентные и резонансно-индуктивные эффекты, возникающие между программными элементами на этапах формирования технологических программ, начиная от создания научно-технического задела для создания изделий высокотехнологичной продукции.

Судя по многим литературным источникам, в современной методологии программно-целевого планирования создания высокотехнологичной продукции понятие «гистерезис» вообще не используется, а потенциальные возможности этого физического явления в данной предметной области остаются до сих пор недостаточно изученными. В то же время исследование этого явления может позволить установить причины и следствия возникновения синергетических эффектов при обосновании и формировании технологических программ по созданию высокотехнологичной продукции.

В связи с изложенными положениями нами рассмотрены следующие основные вопросы: механизм возникновения синергетических эффектов, учитывающий внутренние физические процессы самоорганизации, двухуровневый метод планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции, позволяющий планировать верхний и нижний уровни затрат на создание такой продукции в рамках соответствующих технологических программ.

Механизм возникновения синергетических эффектов

Чтобы понять механизм возникновения синергетических эффектов на основе явления гистерезиса вначале приведем результаты обобщения энциклопедических определений гистерезиса в различных областях научного познания.

Ключевым словом во всех известных формулировках, определяющим суть гистерезиса, является «запаздывание» (или «отставание»). Наиболее распространенным

¹ Программные мероприятия – это мероприятия, выполняемые в процессе реализации государственных технологических программ, в том числе оборонного назначения. Важнейшими программными мероприятиями являются научно-исследовательские (в том числе фундаментальные и поисковые) и опытно-конструкторские работы по созданию высокотехнологичной продукции.

является следующее физическое определение²: гистерезис (от греч. *hysteresis* – отставание, запаздывание) – явление, при котором физическая величина, характеризующая состояние тела, неоднозначно зависит от физической величины, характеризующей внешние условия.

Гистерезис имеет место в тех случаях, когда состояние тела определяется внешними условиями не только в данный момент, но и в предшествующие. В результате для циклического процесса (увеличение и уменьшение внешнего воздействия) получается петлеобразная диаграмма, которая называется петлей гистерезиса. Типичная форма петли гистерезиса представлена на *рис. 1*.

Возникает гистерезис в различных телах (веществах) и при разных физических процессах. Наиболее распространенными и достаточно изученными видами гистерезиса являются:

- магнитный гистерезис – зависимость намагниченности тела от напряженности внешнего магнитного поля;
- упругий гистерезис – отставание во времени развития деформаций упругого тела от напряжений, что является одним из проявлений внутреннего трения в твердых телах;
- сегнетоэлектрический гистерезис – неоднозначная зависимость электрической поляризации сегнетоэлектрика³ от электрического поля.

Например, основными механизмами возникновения магнитного гистерезиса в определенном интервале изменения внешнего магнитного поля являются:

- наличие доменов – областей, у которых намагниченность одинакова, но направления вектора намагниченности различны. Под действием внешнего магнитного поля число

и размеры доменов, намагниченных по полю, увеличиваются, кроме того, векторы намагниченности отдельных доменов ориентируются по полю;

- гетерогенность, то есть наличие одновременно метастабильных и стабильных состояний магнетика и необратимых переходов между ними, приводящих к неоднозначной зависимости намагниченности вещества от внешнего магнитного поля;
- фазовые переходы в зависимости от внешнего магнитного поля, которые происходят в силу указанной гетерогенности при различных значениях напряженности внешнего магнитного поля.

Аналогичные механизмы возникновения гистерезиса характерны и для других видов гистерезиса (сегнетоэлектрического и упругого).

Из приведенных определений гистерезиса и конкретных механизмов его возникновения можно сделать следующие общесистемные выводы:

- гистерезис – это явление запаздывания в изменениях показателей системы относительно смены причин и условий, вызывающих это явление (или эти изменения);
- основной причиной гистерезиса являются процессы самоорганизации, которые возникают на микроуровне системы под воздействием внешних факторов и условий и приводят к изменениям макропоказателей системы.

Эффект гистерезиса проявляется при обосновании и формировании технологических программ по созданию высокотехнологичной продукции. В связи с этим представляется крайне необходимым учитывать этот эффект и предоставляемые им возможности при решении разнообразных задач (технологических, технических, экономических и др.) в рамках методологии программно-целевого планирования и управления созданием высокотехнологичной продукции.

² Физическая энциклопедия: в 5 томах / под ред. А.М. Прохорова. М.: Советская энциклопедия, 1988.

³ Сегнетоэлектрик – двойная натриево-калиевая соль виннокаменной кислоты (сегнетова соль), кристаллы которой обладают диэлектрическими свойствами.

Однако для эффективного использования феноменов явления гистерезиса в теории, методологии и практике методологии программно-целевого планирования и управления созданием высокотехнологичной продукции потребовалось прежде всего сформулировать адаптированное определение гистерезиса, установить основные причины его возникновения и объективные следствия.

Синергетический гистерезис – явление запаздывания изменения показателей, характеризующих систему (например, эффективность, качество), от изменения других показателей, характеризующих внешние условия (например, затраты на создание системы), обусловленное процессами самоорганизации на микроуровне системы.

Форма синергетического гистерезиса на примере зависимости эффективности W системы от затрат Q на ее создание представлена на *рис. 2*.

Обобщая изложенное, следует отметить, что синергетический гистерезис наблюдается тогда, когда реакция (релаксация) системы отстает от изменения причин, ее вызывающих (в данном случае это затраты на создание системы). Величина показателя, характеризующего релаксацию системы, и есть синергетический эффект гистерезиса, например, $\Delta Q = Q^B - Q^H$, где ΔQ – экономический эффект; Q^B , Q^H – соответственно верхний и нижний уровни затрат.

Причинно-следственный механизм возникновения синергетических эффектов представлен на *рис. 3*. Под влиянием управляющих воздействий на микроуровне системы возникают процессы самоорганизации, которые приводят к установлению определенных экономических отношений – корреляционно-когерентных связей между программными элементами. В результате формируется такая резонансно-индуктивная связь, при которой экономические отношения между программными элементами строго согласованы в полном соответствии с требуемыми (заданными) внешними

критериями. Поскольку самоорганизация на микроуровне системы осуществляется под влиянием управляющих воздействий, вызванных изменением внешних факторов и условий, то есть целевым образом, то такую самоорганизацию можно определить как управляемую самоорганизацию [11, 12].

Таким образом, основной причиной синергетического гистерезиса и соответствующих синергетических эффектов в системе являются процессы самоорганизации, возникающие на микроуровне и обусловленные необходимостью целенаправленного упорядочения программных элементов. Данный вывод, по своей сути, не противоречит смыслу физического механизма возникновения гистерезиса.

Далее рассмотрим двухуровневый метод планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции, иллюстрирующий выявленный нами причинно-следственный механизм возникновения синергетических эффектов, позволяющий планировать верхний и нижний уровни затрат на создание высокотехнологичной продукции в рамках соответствующих технологических программ.

Двухуровневый метод планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции

Главная особенность определения потребных объемов ассигнований на создание высокотехнологичной продукции состоит в том, что устанавливаются их верхние и нижние уровни соответственно для некоррелированной и коррелированной потребностей в ассигнованиях.

Верхний уровень ассигнований Q^B определяется, исходя из условия обеспечения определенной гарантированности P^0 выполнения макропоказателей технологических программ, без учета физических процессов самоорганизации на микроуровне, то есть взаимосвязи программных элементов между собой. Верхний уровень Q^B определяется двумя способами: для известного и неизвестного законов распределения

потребности в бюджетных ассигнованиях на программные элементы.

Определение нижнего уровня ассигнований производится на основе учета физических процессов самоорганизации на микроуровне технологических программ, то есть взаимосвязи программных элементов между собой. Для определения нижнего уровня используются два способа: оценка суммарной потребности в ассигнованиях для элементов, входящих в синергетический кластер; способ, основанный на учете такого фактора, как риск нехватки (дефицита) ассигнований, характеризующий продолжительностью этой нехватки.

Определение верхнего уровня ассигнований для некоррелированной потребности. В этом случае потребная величина ассигнований Q^B складывается из текущего Q_T и страхового Q_C объемов ассигнований [13–15]:

$$Q^B = Q_T + Q_C. \quad (1)$$

Назначение и величина текущего объема ассигнований определяется из расчета средней потребности в течение определенного промежутка времени. Однако текущий объем ассигнований не всегда обеспечивает необходимую гарантированность удовлетворения потребности, так как возможны ситуации, когда может наблюдаться его превышение за счет случайных колебаний потребного объема ассигнований. Назначение страхового объема ассигнований состоит в устранении возможного превышения установленных объемов. Тогда общая величина потребных ассигнований составит:

$$Q^B = \hat{S} + Q_C(\hat{S}), \quad (2)$$

где $\hat{S}$ – величина средней потребности в ассигнованиях (суммарная потребность в ассигнованиях, складывающаяся из потребностей на отдельные программные элементы);

$Q_C(\hat{S})$ – величина страхового объема ассигнований, зависящая от $\hat{S}$.

Величина $\hat{S}$ зависит от многих факторов, большинство из которых носит случайный характер, в том числе реальных объемов

ассигнований, возможностей оборонно-промышленного комплекса по разработке и производству высокотехнологичной продукции и других факторов.

Поэтому определение Q^B осуществляется двумя способами: для известного и неизвестного закона распределения потребности в ассигнованиях на создание высокотехнологичной продукции.

В первом случае (закон распределения потребности известен) для определения величины страховой части ассигнований $Q_C(\hat{S})$ воспользуемся уравнением Пуассона⁴. В этом случае возможность удовлетворения случайной потребности в ассигнованиях будет наблюдаться при условии $Q^B \geq \hat{S}$, а вероятность этого события равна:

$$P(Q^B \geq \hat{S}) = \sum_{k=0}^{Q^B} \frac{\hat{S}^k}{k!} e^{-\hat{S}}. \quad (3)$$

При заданной гарантированности обеспечения потребности $P^0 = P(Q^B \geq \hat{S})$ потребный объем ассигнований Q^B можно найти из уравнения:

$$P^0 = e^{-\hat{S}} \sum_{k=0}^{Q^B} \frac{\hat{S}^k}{k!}. \quad (4)$$

Для получения величины Q^B в явном виде учтем, что при $\hat{S} \rightarrow \infty$ распределение Пуассона сходится к нормальному закону распределения с математическим ожиданием $\hat{S}$ и средним квадратическим отклонением $\sigma_S = \sqrt{\hat{S}}$. Тогда получим следующее выражение для определения верхнего уровня ассигнований:

$$Q^B = \hat{S} + \sqrt{\hat{S}} \Phi^{-1}(1 - P^0) = \hat{S} + h \sigma_S, \quad (5)$$

где Φ^{-1} – функция, обратная функции Лапласа; h – коэффициент $h = \Phi^{-1}(1 - P^0)$, зависящий от заданной гарантированности обеспечения потребности в ассигнованиях (для $P^0 = 0,95$, $h = 1,65$; $P^0 = 0,99$, $h = 2,34$ [14]).

⁴ Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 830 с.; Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2016. 304 с.

Таким образом разность между Q^B и $\hat{S}$ (то есть $h\sigma_s$, где $\sigma_s = \sqrt{\hat{S}}$ – дисперсия) определяет объем страхового объема ассигнований в условиях случайной потребности.

Во втором случае (закон распределения потребности неизвестен) для оценки Q^B нами предлагается использовать другой метод, основанный на неравенстве Чебышева [14]:

$$P(\hat{S} \geq Q^B) \leq \frac{\sigma_s^2}{2(Q^B - \hat{S})}. \quad (6)$$

В этом случае при оценке Q^B учитывается, что в практике программно-целевого планирования и управления созданием высокотехнологичной продукции, как правило, отсутствуют данные о функции распределения потребности в ассигнованиях, особенно для перспективных изделий, построенных на новых физических принципах действия и не имеющих аналогов среди существующих изделий [16, 17], или эти данные могут существенно отличаться от нормального распределения.

Тогда, если вероятность превышения фактической потребности запланированного в технологической программе уровня ассигнований будет не более $(1 - P^0)$, то из соотношения (6) после нескольких его алгебраических преобразований определим верхний уровень ассигнований:

$$Q^B \approx \hat{S} + \frac{\sigma_s}{\sqrt{2(1 - P^0)}},$$

для $P^0 = 0,95$ $Q^B = \hat{S} + 3,3 \sigma_s$. (7)

Увеличение в два раза коэффициента h при σ_s в выражении (7) по сравнению с предыдущим значением ($h = 1,65$) в выражении (5) можно объяснить отсутствием достаточно полной информации о законе распределения потребности в ассигнованиях для программных элементов. В этом случае страховые объемы ассигнований, определяемые на основании формулы (5), как разность между Q^B и $\hat{S}$, необходимо удвоить.

Таким образом, для некоррелированной потребности с учетом размерности

технологической программы (то есть масштаба, обусловленного ее многоуровневым характером) суммарная потребность без учета физических процессов самоорганизации будет равна сумме потребностей в ассигнованиях для отдельных программных элементов:

$$Q^B = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \hat{S}_{ij} + h \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sigma_{S_{ij}}, \quad (8)$$

где n – размерность технологической программы;

m – общее количество программных элементов в технологической программе.

Определение нижнего уровня ассигнований для коррелированной потребности. Одним из путей эффективного использования финансовых ресурсов, выделяемых на создание высокотехнологичной продукции, является учет физических процессов самоорганизации при объединении программных элементов в определенные синергетические кластеры по различным аспектам (функциональному, технологическому и др.). Объединение программных элементов в синергетические кластеры является предпосылкой для проведения работ по у н и в е р с а л и з а ц и и (у н и ф и к а ц и и) высокотехнологичной продукции.

В случае формирования синергетических кластеров нижний потребный уровень ассигнований будет определяться суммарной потребностью из следующего выражения:

$$Q^H = \hat{S}_\Sigma + h\sigma_\Sigma = m \sum_{i=1}^n \hat{S}_i + h \sqrt{n \sum_{j=1}^m \sigma_{S_j}^2}. \quad (9)$$

Для оценки нижнего уровня ассигнований может быть использован другой, более сложный, метод, основанный на учете такого фактора, как риск нехватки (дефицита) ассигнований, характеризуемый продолжительностью этой нехватки. Наибольший допустимый риск τ_d и будет определять нижний уровень ассигнований на создание высокотехнологичной продукции.

Определение τ_d основано на предположении, что между величиной нехватки ассигнований, величиной S и величиной запланированного в технологической программе объема ассигнований Q на период t , существует некоторая функциональная связь, позволяющая выражать одну величину через другую.

Тогда время τ_d можно определить по следующему выражению:

$$\tau_d = \int_0^t (t - \tau) \varphi_Q(\tau) d\tau, \quad (10)$$

где $\varphi_Q(\tau)$ – плотность распределения времени израсходования запланированного в технологической программе объема ассигнований.

Эту плотность распределения определим, опираясь на следующие соображения. Очевидно, что время τ не превышает продолжительности периода, равного t ($\tau \leq t$) в том случае, когда объем K затребованных ресурсов за время t имеет значение большее, чем величина Q запланированных на этот период ассигнований, то есть

$$\begin{aligned} \int_0^t \varphi_Q(\tau) d\tau &= \sum_{K=Q}^{\infty} P_t(K \geq Q) = \\ &= 1 - \sum_{K=0}^{Q-1} P_t(K \geq Q), \end{aligned} \quad (11)$$

где $P_t(K \geq Q)$ – вероятность появления дефицита ассигнований за период времени t .

Используя общее свойство определенного интеграла [14], получим следующее выражение:

$$\varphi_Q(t) = -\frac{d}{d\tau} \sum_{K=0}^{Q-1} P_t(K \geq Q). \quad (12)$$

Учитывая, что потребность в ассигнованиях имеет пуассоновское распределение, выражение (12) запишем в следующем виде:

$$\varphi_Q(t) = -\frac{d}{d\tau} \sum_{K=0}^{Q-1} P_t(K \geq Q). \quad (13)$$

где $\hat{S}_t$ – потребность, взятая в единицу времени.

Теперь математическое ожидание риска продолжительности дефицита ассигнований определится так:

$$\begin{aligned} \tau_d &= \int_0^t (t - \tau) \frac{\hat{S}_t (\hat{S}_t \tau)^{Q-1}}{(Q-1)!} e^{-\hat{S}_t \tau} d\tau = \\ &= \frac{t}{(Q-1)!} \int_0^t (\hat{S}_t \tau)^{Q-1} e^{-\hat{S}_t \tau} d(\hat{S}_t \tau) - \\ &\quad - \frac{1}{\hat{S}_t (Q-1)!} \int_0^t (\hat{S}_t \tau)^Q e^{-\hat{S}_t \tau} d(\hat{S}_t \tau). \end{aligned} \quad (14)$$

В выражении (14) оба интеграла имеют одинаковую структуру. Кроме того, они являются табличными⁵. Учитывая данный фактор, получим следующее выражение:

$$\tau_d = \frac{t}{(Q-1)!} \left\{ F(Q; \hat{S}_t \tau) - \frac{Q}{\hat{S}_t} F(Q+1; \hat{S}_t \tau) \right\}. \quad (15)$$

Из выражения (15) следует, что при уменьшении верхнего (начального) объема ассигнований (для фиксированной потребности), мы всегда ограничены каким-то предельно допустимым риском нехватки ассигнований. Превышение допустимого риска может привести к серьезным последствиям, например, к срыву выполнения технологической программы по созданию высокотехнологичной продукции, к несоответствию фактических показателей требуемым значениями ее макропоказателей.

Анализ предельно допустимого риска нехватки ассигнований показывает, что по этому показателю новые технологии и создаваемые на их основе изделия высокотехнологичной продукции могут быть разделены на три группы:

- технологии и изделия высокотехнологичной продукции, без которых решение перспективных задач не представляется

⁵ Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 830 с.

возможным (например, лазерные, информационные технологии и др.);

- технологии, без наличия которых в составе перспективных изделий высокотехнологичной продукции не достигаются требуемые уровни решения задач, или достигаются, но с большими затратами ресурсов;
- технологии, отсутствие которых на данный период разработки технологической программы может быть компенсировано или дублировано другими технологиями или они потребуются в некоторый отдаленный период времени.

Располагая данными о предельно-допустимом риске нехватки ассигнований τ^0 , представляется возможным определить такой нижний уровень ассигнований, при котором будет соблюдаться условие $\tau_d \leq \tau^0$. Постановка такой задачи формулируется следующим образом.

Пусть $Q(P^0)$ – запланированный в технологической программе объем ассигнований на удовлетворение потребности с заданной гарантированной вероятностью P^0 , а $Q(\tau_d)$ – фактический объем необходимых ассигнований, установленный исходя из допустимой продолжительности их нехватки. Тогда оптимальным будет являться такой ресурс $Q^*(\tau_d)$, при котором достигается максимум величины отклонения

$$K(Q^*(\tau_d)) = \max |Q(P^0) - Q(\tau_d)|, \quad (16)$$

при условии $\tau_d^* \leq \tau^0$.

С использованием выражения (16) можно определить ту долю ассигнований, на которую можно уменьшить запланированный в технологической программе объем ассигнований с учетом наличия корреляционно-когерентных связей между программными элементами.

Таким образом, процесс определения нижнего уровня ассигнований Q^H включает в себя два этапа: на первом этапе определяется верхний уровень потребных ассигнований; на втором этапе путем последовательного снижения

верхнего уровня с учетом условия в формуле (16) определяется нижний уровень ассигнований.

В общем случае процесс отыскания Q^H по отдельным объектам – синергетическим кластерам программных элементов – позволяет достаточно надежно установить потребный объем ассигнований на всю технологическую программу. Однако сам процесс отыскания Q^H по отдельным синергетическим кластерам настолько сложен, что требует для более корректного его определения использования метода имитационного моделирования⁶.

В этом случае процесс определения нижнего уровня ассигнований направлен на отыскание такого его численного значения, которое доставляет максимум функционалу (16), при условии, что продолжительность риска нехватки ассигнований будет не выше заданного значения с доверительной вероятностью $P = 0,95$, то есть необходимо оценить величину

$$K^*(Y, U, Q) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N K_n, \quad (17)$$

при условии $P\{\tau^* + \varepsilon \leq \tau^0\}$,

где Y – вектор показателей, описывающих параметры и структуру синергетического кластера, в том числе входящих в него программных элементов;

U – вектор показателей, описывающих структуру и макропараметры технологической программы;

Q – вектор управляющих переменных;

n – номер реализации статистического испытания ($n = 1, \dots, N$);

K_n – значение функционала в n -й реализации;

τ^* – оценка продолжительности риска нехватки ассигнований;

ε – погрешность оценки τ^* за счет ограниченности количества реализаций;

⁶ Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2016. 304 с.

τ^0 – допустимое значение риска нехватки ассигнований.

Применяя метод имитационного моделирования для каждой группы синергетических кластеров программных элементов (кластеры могут быть разных видов: технологические, технические, экономические и др.) с учетом их пространственно-временных параметров и структуры, могут быть получены ориентировочные значения нижнего уровня ассигнований в технологической программе на создание высокотехнологичной продукции.

Сравнение потребных объемов ассигнований на создание высокотехнологичной продукции, полученных традиционным путем и результатов их моделирования, показывает, что практически для всех групп программных элементов имеет место соотношение:

$$K_o = \frac{|Q(P^0) - Q(\tau_d)|}{Q(P^0)} = 0,1 \dots 0,15, \quad (18)$$

где K_o – относительная экономия ресурсов за счет учета коррелированности потребности в ассигнованиях.

Это означает, что при гарантированности выполнения макропоказателей технологической программы, равной 0,95, экономия ресурсов составляет в среднем по всем группам программных элементов в среднем от 7 до 12%.

Оценка синергетического эффекта. Синергетический эффект от объединения программных элементов в синергетические кластеры может быть оценен путем сравнения потребных объемов ассигнований для верхнего и нижнего уровней:

$$\Delta Q = Q^B - Q^H. \quad (19)$$

Тогда синергетический эффект будет определяться величиной

$$\Delta Q = h \left(\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sigma_{s_{ij}} - \sqrt{n \sum_{j=1}^m \sigma_j^2} \right). \quad (20)$$

Если $\sigma_{s_{ij}} = \sigma_s = \text{Const}$, то величина синергетического эффекта составит

$$\Delta Q = h \sigma_s (nm - \sqrt{nm}) \approx nm h \sigma_s \left(1 - \frac{1}{\sqrt{nm}} \right). \quad (21)$$

Важным показателем для практики создания высокотехнологичной продукции является относительный эффект, характеризующий долю синергетического эффекта, приходящуюся на единичный программный элемент, входящий в синергетический кластер, то есть

$$\Delta Q_{\text{отн}} = \frac{\Delta Q}{m} n h \sigma_s \left(1 - \frac{1}{\sqrt{nm}} \right) \approx n h \sigma_s e^{-\frac{1}{\sqrt{nm}}}. \quad (22)$$

Анализ выражения (22) показывает, что зависимость величины относительного эффекта от объема синергетического кластера носит явно нелинейный характер и в пределе относительный эффект стремится к величине $\Delta Q_{\text{отн}} = n h \sigma_s$, то есть к полной ненадобности страховой части программного ресурса. Из этого можно сделать два важных вывода для практики планирования ресурсов на создание высокотехнологичной продукции.

Во-первых, полученный результат подтверждает предположение, что при планировании программных ресурсов на синергетические кластеры (централизованное планирование) их величина может находиться на нижнем уровне, определяемом только необходимостью удовлетворения потребности, рассчитанной при формировании технологической программы (текущая потребность).

Во-вторых, дальнейшее сокращение объема синергетического кластера за счет увеличения доли универсальных (унифицированных) программных элементов более чем на 30–40% по сравнению с существующим количеством этих программных элементов не будет приводить к существенному приращению относительного эффекта. Кроме того, это нецелесообразно по причине существенного возрастания затрат на создание универсальных (унифицированных) программных элементов, что подтверждается результатами исследований и практикой создания изделий высокотехнологичной продукции [18–20].

Структура двухуровневого метода нормирования затрат на создание высокотехнологичной продукции представлена на рис. 4.

Конкретные значения верхнего и нижнего уровней потребных ресурсов, полученные с использованием разработанного метода целесообразно использовать в реализации практических методов программно-целевого планирования и управления созданием и развитием высокотехнологичной продукции, например, в автоматизированной системе управления. Управление целесообразно организовать по отклонениям. В первую очередь информация поступает по тем программным элементам, по которым имеются отклонения в ресурсах от контрольных величин, запланированных в технологической программе, то есть ниже нижнего уровня (дефицит ресурсов) или выше верхнего уровня (избыток ресурсов). При отсутствии такой информации создание высокотехнологичной продукции идет в плановом порядке из расчета удовлетворения потребности, исходя из запланированных ресурсов по технологической программе. В этом случае передаче в вышестоящие органы управления будут подлежать не все сведения, а только информация по тем базовым видам ресурсов, в которых в рассматриваемый период произошли отклонения, требующие корректировки.

На основе использования синергетических принципов (параметра порядка и принципа подчинения) представляется возможным произвести предварительную группировку близких по характеру видов ресурсов путем агрегирования (коррелирования) отдельных программных элементов, чтобы в дальнейшем оперировать только укрупненными (базовыми) видами ресурсов. Таким образом, за счет объединения программных элементов в синергетические кластеры достигается более гибкое реагирование на случайные колебания потребности в ассигнованиях на создание высокотехнологичной продукции.

Таким образом, объединение программных элементов в синергетические кластеры и

выделение в них системообразующих элементов (параметров порядка) создают предпосылки к эффективному использованию программных ресурсов, планируемых на создание и развитие высокотехнологичной продукции.

Кроме того, таким путем создаются предпосылки для формирования рациональной кооперации предприятий-разработчиков и изготовителей изделий высокотехнологичной продукции, а также создания и развития необходимых производственных технологий. Однако при этом необходимо учитывать, что практическая реализация названного пути ограничена финансовыми и экономическими возможностями страны по созданию и развитию высокотехнологичных, универсальных и надежных перспективных изделий высокотехнологичной продукции. Поэтому возникает необходимость оценить рациональные уровни этих показателей, исходя из общих тенденций изменения объемов ресурсов, планируемых на создание и развитие высокотехнологичной продукции.

Области практического использования предлагаемого методического инструментария

К основным областям практического использования предлагаемого методического инструментария целесообразно отнести:

- планирование затрат (распределение ассигнований) на создание высокотехнологичной продукции в рамках различных научно-технологических программ;
- регулирование экономической динамики создания высокотехнологичной продукции;
- управление экономической динамикой высокотехнологичной продукции;
- прогнозирование экономической динамики высокотехнологичной продукции;
- повышение устойчивости экономической динамики высокотехнологичной продукции к внешним и внутренним факторам;

- повышение эффективности программных мероприятий по созданию высокотехнологичной продукции;
- формирование эффективных алгоритмов расчета ожидаемых затрат на создание высокотехнологичной продукции.

Рассмотрим порядок использования предложенного двухуровневого метода на примере формирования технологической программы по созданию высокотехнологичной продукции. В обобщенном виде типовая технологическая программа представляет собой набор мероприятий, распределенных по различным тематическим разделам. Пример структуры типовой технологической программы представлен на *рис. 5*.

На первом этапе с учетом формулы (8) осуществляется расчет верхнего уровня ассигнований, необходимого для реализации мероприятий программы, без учета физических процессов самоорганизации на микроуровне, то есть взаимосвязи мероприятий программы между собой. Подставляя данные, представленные на *рис. 5*, в выражение (8), получаем значение верхнего уровня ассигнований, необходимого для реализации мероприятий программы $Q^B = 700$.

Далее в рамках второго этапа для расчета нижнего уровня ассигнований Q^H проводится группировка близких по тематике мероприятий путем агрегирования отдельных мероприятий, чтобы в дальнейшем оперировать только укрупненными мероприятиями. За счет объединения мероприятий в синергетические кластеры достигается более гибкое реагирование на случайные колебания потребности в ассигнованиях на создание высокотехнологичной продукции. На *рис. 6* представлен результат объединения программных мероприятий в синергетические кластеры.

С учетом выражения (9) и методического подхода, изложенного в работе Г.И. Просветова⁷, осуществляется расчет

значения нижнего уровня ассигнований, необходимого для реализации мероприятий программы $Q^H = 600$.

На заключительном этапе осуществляется оценка синергетического эффекта от объединения мероприятий в синергетические кластеры. Подставляя в выражение (19) рассчитанные значения, получаем, что $\Delta Q = 100$. Таким образом, объединение программных мероприятий в синергетические кластеры создает предпосылки для эффективного использования программных ресурсов, планируемых на создание и развитие высокотехнологичной продукции.

Заключение

Таким образом, нами решены следующие задачи.

Установлен причинно-следственный механизм возникновения синергетических эффектов в результате обобщения и анализа разнообразных научных формулировок явления гистерезиса.

Впервые сформулировано понятие синергетического гистерезиса, в основу которого положено явление нелинейного запаздывания изменения показателей системы от изменения показателей внешней среды, обусловленное физическими процессами самоорганизации на микроуровне системы, приводящими к макроскопическим изменениям.

Разработан двухуровневый метод, главной особенностью которого является определение верхнего и нижнего уровней потребных объемов ассигнований на создание высокотехнологичной продукции, в том числе:

- методический инструментарий определения верхнего уровня ассигнований для некоррелированной потребности с учетом известного и неизвестного законов распределения потребности;
- методический инструментарий определения нижнего уровня ассигнований для коррелированной потребности, в том числе на основе оценки суммарной потребности

⁷ Просветов Г.И. Математические методы и модели в экономике: задачи и решения. М.: Альфа-Пресс, 2016. 304 с.

для синергетических кластеров, учета риска нехватки (дефицита) ассигнований, характеризуемого продолжительностью этой нехватки, при этом наибольший допустимый риск определяет нижний уровень ассигнований на создание высокотехнологичной продукции;

- методический инструментарий для оценки синергетического эффекта, основанный на сравнении потребных объемов ассигнований для верхнего и нижнего уровней;
- структура двухуровневого метода и перспективные области его использования, в том числе нормирование затрат, оценка рисков, автоматизация управления

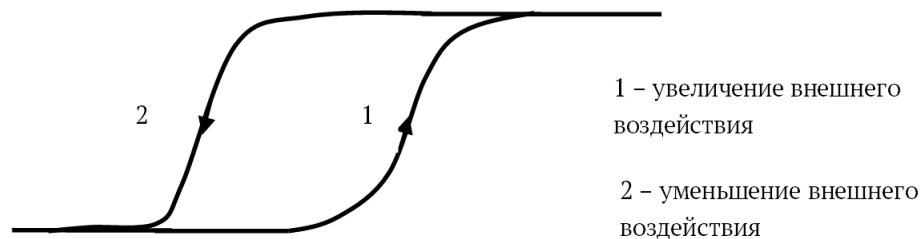
экономической динамикой создания высокотехнологичной продукции, унификация элементов технологических программ.

Разработанный двухуровневый метод планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции может быть алгоритмизирован и предлагается для практического использования в ведомствах, заказывающих высокотехнологичную продукцию.

Дальнейшим направлением работ в данной предметной области является совершенствование методов оценки нижнего уровня потребных объемов ассигнований на создание высокотехнологичной продукции.

Рисунок 1
Типичная форма петли гистерезиса

Figure 1
Typical shape of hysteresis loop

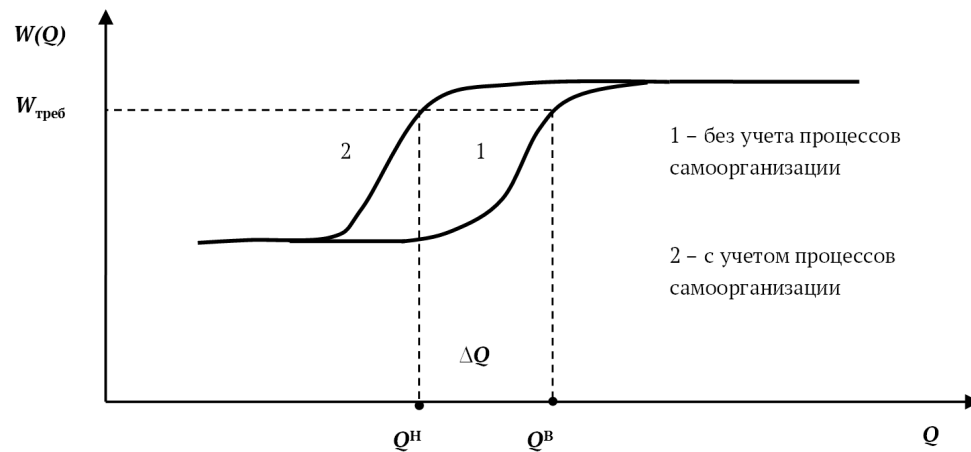


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
Форма синергетического гистерезиса

Figure 2
Form of synergistic hysteresis

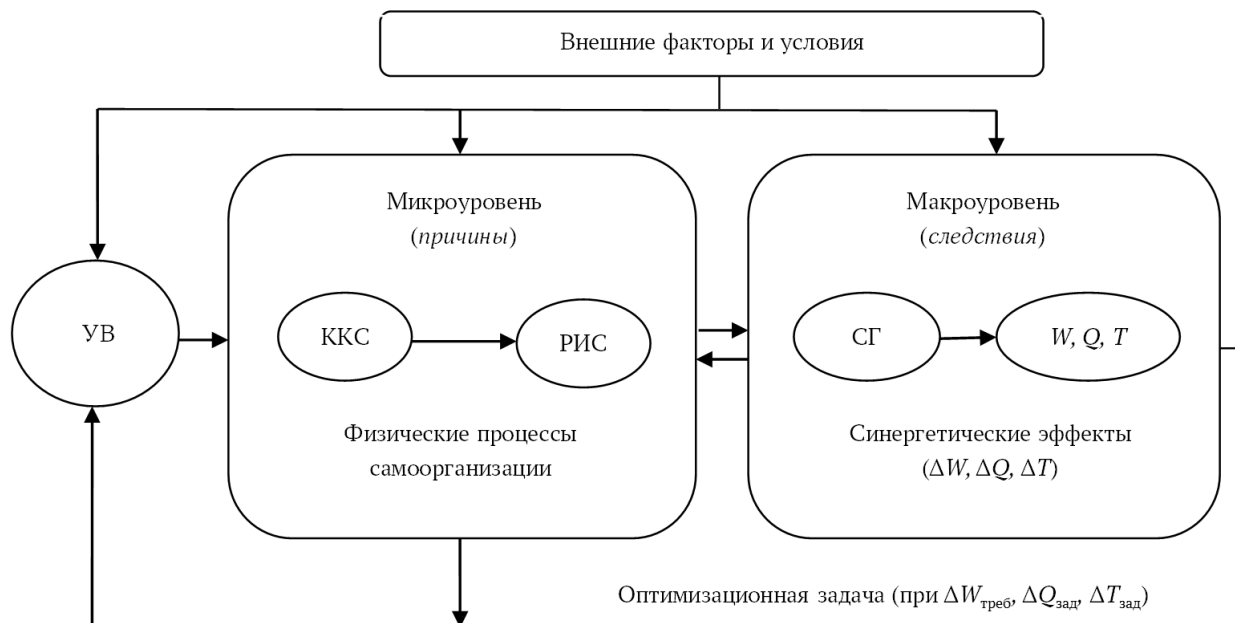


Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3
Причинно-следственный механизм возникновения синергетических эффектов

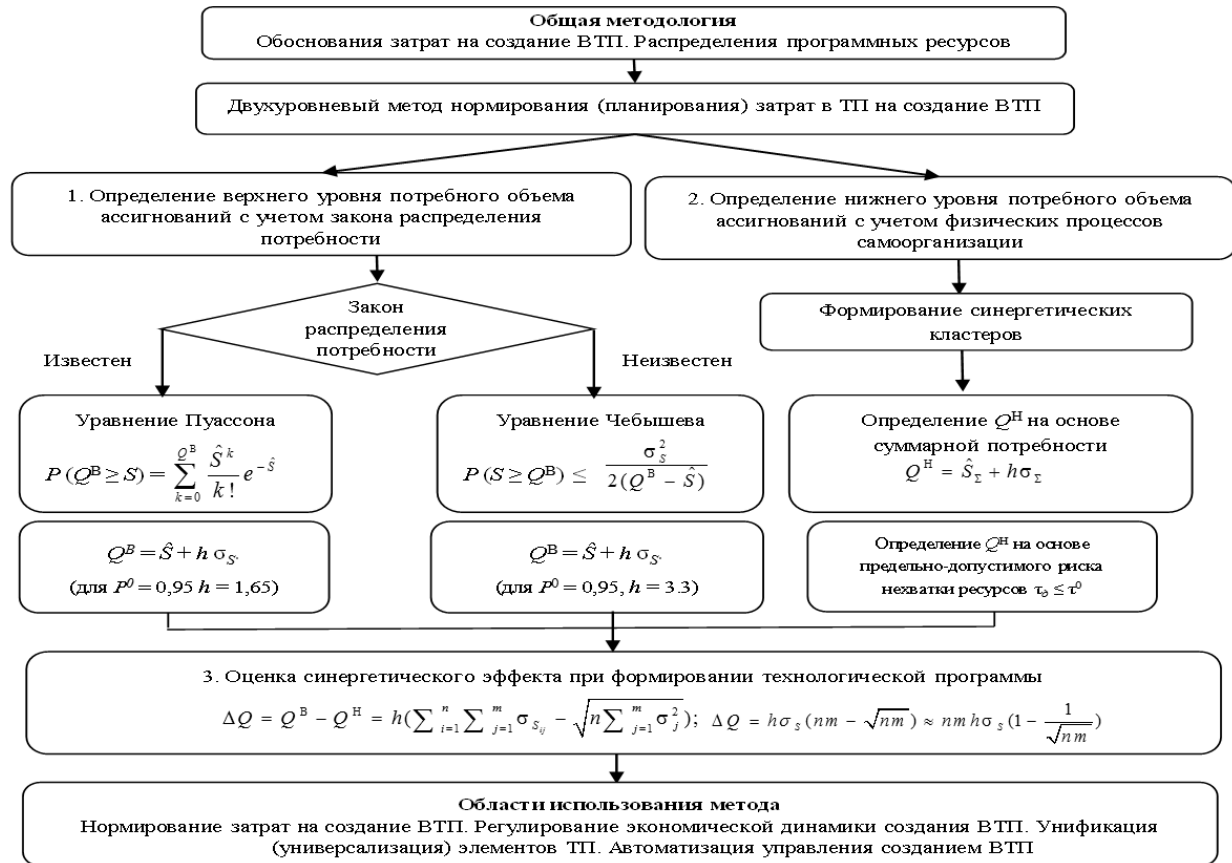
Figure 3
A causal mechanism of synergistic effects



Примечание. УВ – управляющие воздействия; ККС – корреляционно-когерентные связи между элементами (подсистемами); РИС – резонансно-индуктивная связь; СГ – синергетический гистерезис; W, Q, T – макропоказатели системы; $\Delta W, \Delta Q, \Delta T$ – синергетические эффекты (соответственно приращение эффективности, снижение затрат, сокращение сроков создания высокотехнологичной продукции).

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4**Структура двухуровневого метода планирования затрат на создание высокотехнологичной продукции****Figure 4****Structure of two-tire method of cost planning for high-tech products manufacturing**

Примечание. ВТП – высокотехнологичная продукция; ТП – технологическая программа.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5**Структура типовой технологической программы****Figure 5****A structure of standard technological program**

Мероприятие	Раздел программы	Объемы ассигнований, у.е	Программный период									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мероприятие 1	Раздел 1	40										
Мероприятие 2		50										
Мероприятие 3		50										
Мероприятие 4		60										
Мероприятие 5		70										
Мероприятие 6	Раздел 2	30										
Мероприятие 7		50										
Мероприятие 8		50										
Мероприятие 9		80										
Мероприятие 10		20										
Мероприятие 11	Раздел 3	30										
Мероприятие 12		40										
Мероприятие 13		50										
Мероприятие 14		40										
Мероприятие 15		40										
Итого за программ		700										

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 6**Формирование синергетических кластеров (СК)****Figure 6****Formation of synergistic clusters**

Мероприятие	Раздел программы	Объемы ассигнований, у.е.	Программный период									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СК 1 (мероприятия 1, 2)	Раздел 1	70										
СК 2 (мероприятия 3, 4)		80										
Мероприятие 5		70										
СК 3 (мероприятия 6, 7)	Раздел 2	80										
СК 4 (мероприятия 8, 9)		100										
Мероприятие 10		20										
Мероприятие 11	Раздел 3	30										
Мероприятие 12		40										
СК 5 (мероприятия 13, 14)		70										
Мероприятие 15		40										
Итого за программу		600										

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Устюжанина Е.В., Евсюков С.Г., Панфилов Ф.А. Бюджетное программирование как способ реализации стратегии развития российской экономики // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 36. С. 2–13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/byudzhethnoe-programmirovaniye-kak-sposob-realizatsii-strategii-razvitiya-rossiyskoy-ekonomiki>
2. Багриновский К.А., Хрусталёв Е.Ю. Методология и модельный инструментарий управления научно-техническими программами // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 32. С. 2–13. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-i-modelnyy-instrumentariy-upravleniya-nauchno-tehnicheskimi-programmami>
3. Викулов С.Ф. Вопросы эволюции методологии программно-целевого планирования развития сложных систем // Вестник Военного финансово-экономического университета. 2006. № 1. С. 31–34.
4. Зарецкая В.Г., Осиневич Л.М. Оценка прогноза экономического роста на основе производственной функции // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 17. С. 60–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prognoza-ekonomicheskogo-rosta-na-osnove-proizvodstvennoy-funktsii>
5. Пригожин И.Р. От существующего к возникающему. Время и сложность в физических науках. М.: КомКнига, 2006. 296 с.
6. Хакен Г., Хакен-Крелль М. Тайны восприятия. М.: Центр компьютерных исследований, 2002. 272 с.
7. Пригожин И.Р., Стингерс И. Время, хаос, квант. К решению парадокса времени. М.: УРСС, 2003. 240 с.
8. Пригожин И.Р., Стингерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. М.: Прогресс, 1986.
9. Руденко А.П. Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем // Синергетика. Труды семинара. Т. 7. М.: МГУ, 1999. С. 17–23.
10. Колесников А.А. Когнитивные возможности синергетики // Вестник Российской академии наук. 2003. Т. 73. № 8. С. 727–734.
11. 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/n/printsiipy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm>
12. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 405 с.
13. Беленький В.З. Оптимизационные модели экономической динамики: понятийный аппарат, одномерные модели. М.: Наука, 2007. 259 с.
14. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Актуальные проблемы развития управления оборонно-промышленным комплексом: монография / под ред. А.М. Батьковского, П.В. Кравчука. М.: Онто-Принт, 2017. 512 с.

15. Лавринов Г.А., Косенко А.А., Бабкин Г.В. Экономические аспекты военно-технической политики Российской Федерации на современном этапе: монография. М.: Граница, 2013. 470 с.
16. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Купол, 2009. 624 с.
17. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оценка затрат на создание высокотехнологичной продукции // Компетентность. 2015. № 6. С. 32–37.
18. Роцин А.В., Тихонов И.П., Проницкий С.В. Методический подход к оценке эффективности результатов научно-технических программ // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 21. С. 10–18. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskiy-podhod-k-otsenke-effektivnosti-rezultatov-nauchno-tehnicheskikh-programm>
19. Бухонова С.М., Дорошенко Ю.А. К оценке экономической эффективности инноваций разных типов // Экономический анализ: теория и практика. 2005. № 4. С. 7–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/k-otsenke-ekonomicheskoy-effektivnosti-innovatsiy-raznyh-tipov>
20. Ларин С.Н. Научно-технические программы: подходы к организации мониторинга и оценки эффективности // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 8. С. 24–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-tehnicheskie-programmy-podhody-k-organizatsii-monitoringa-i-otsenke-effektivnosti>

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.

COST PLANNING METHODS TO CREATE HIGH-TECH PRODUCTS**Aleksandr V. LEONOV^a, Aleksei Yu. PRONIN^{b,*}**^a 46th Central Research Institute of RF Ministry of Defense, Moscow, Russian Federation
alex.clein51@yandex.ru
ORCID: not available^b 46th Central Research Institute of RF Ministry of Defense, Moscow, Russian Federation
pronin46@bk.ru
ORCID: not available

* Corresponding author

Article history:Received 19 February 2019
Received in revised form
28 March 2019
Accepted 8 April 2019
Available online
30 May 2019**JEL classification:** A12, G18,
G28, H61, H62**Keywords:** high-tech
product, method, cost, self-
organization, technological
program**Abstract****Subject** The article addresses planning the cost of high-tech products manufacturing as an important task of government technological programs justification. Severe budget restrictions necessitate improving the existing theoretical approaches, methods and techniques for cost planning, and searching for new ones.**Objectives** We focus on designing a method for planning the costs of high-tech product manufacturing based on the use of the hysteresis physical phenomenon, mechanisms of its occurrence, and the resulting effects.**Methods** The basic premises of the methodology include the mechanism of synergistic effects emergence, which we established through generalization and analysis of various scientific formulations of the hysteresis phenomenon, its causes and consequences; the concept of synergistic hysteresis, which is defined for the first time.**Results** We present a two-tier method; its main specifics is determination of upper and lower levels of costs for high-tech products manufacturing. The paper also offers tools to estimate the upper and lower level of costs and the synergistic effect, based on their comparison. When estimating the lower level of costs, we consider the risk of budgetary allocation deficit, which is addressed for the first time in such estimations, and is characterized by the duration of the deficit.**Conclusions** The findings may be useful for perfecting the methodological tools for long-term high-tech programs development, mitigating their implementation risk, identifying ways of sustainable innovation and technological development of the country to serve national defense and security.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Leonov A.V., Pronin A.Yu. Cost Planning Methods to Create High-Tech Products. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 5, pp. 817–836.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.5.817>**References**

1. Ustyuzhanina E.V., Evsyukov S.G., Panfilov F.A. [Budget programming as a method of realization of Russian economy development strategy]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2014, no. 36, pp. 2–13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/byudzhethnoe-programmirovaniye-kak-sposob-realizatsii-strategii-razvitiya-rossiyskoy-ekonomiki> (In Russ.)
2. Bagrinovskii K.A., Khrustalev E.Yu. [Methodology and model instruments for management of scientific and technical programs]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2014, no. 32, pp. 2–13.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodologiya-i-modelnyy-instrumentariy-upravleniya-nauchno-tehnicheskimi-programmami> (In Russ.)

3. Vikulov S.F. [Evolution of the methodology for target-oriented program planning of complex systems]. *Vestnik Voennoogo finansovo-ekonomicheskogo universiteta*, 2006, no. 1, pp. 31–34. (In Russ.)
4. Zaretskaya V.G., Osinevich L.M. [Evaluating the economic growth forecast using the production function]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2015, no. 17, pp. 60–65. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prognoza-ekonomicheskogo-rosta-na-osnove-proizvodstvennoy-funktsii> (In Russ.)
5. 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.
6. Haken H., Haken-Krell M. *Tainy vospriyatiya* [Erfolgsgeheimnisse der Wahrnehmung. Synergetik als Schlüsselsystem zum Gehirn]. Moscow, Tsentr komp'yuternykh issledovaniy Publ., 2002, 272 p.
7. Prigogine I.R., Stengers I. *Vremya, khaos, kvant. K resheniiu paradoksa vremeni* [Time, Chaos, Quantum: Towards the Resolution of the Paradox of Time]. Moscow, URSS Publ., 2003, 240 p.
8. Prigogine I.R., Stengers I. *Poryadok iz khaosa. Novyi dialog cheloveka s prirodoy* [Order out of Chaos: Man's New Dialogue with Nature]. Moscow, Progress Publ., 1986, 147 p.
9. Rudenko A.P. *Samoorganizatsiya i progressivnaya khimicheskaya evolyutsiya otkrytykh kataliticheskikh sistem. V kn.: Sinergetika. Trudy seminara. T. 7* [Self-organization and progressive chemical evolution of open catalyst systems. In: Synergetics. Workshop Proceedings, vol. 7]. Moscow, MSU Publ., 1999, pp. 17–23.
10. Kolesnikov A.A. [Cognitive features of synergetics]. *Vestnik Rossiiskoi akademii nauk = Herald of Russian Academy of Sciences*, 2003, vol. 73, no. 8, pp. 727–734. (In Russ.)
11. 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/n/printsiy-samoorganizatsii-v-razrabotke-i-realizatsii-gosudarstvennyh-programm> (In Russ.)
12. Haken H. *Sinergetika* [Synergetics]. Moscow, Mir Publ., 1980, 405 p.
13. Belen'kii V.Z. *Optimizatsionnye modeli ekonomicheskoi dinamiki: ponyatiyniy apparat, odnomernye modeli* [Optimization models of economic dynamics: Conceptual framework, one-dimensional models]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 259 p.
14. Bat'kovskii A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. *Aktual'nye problemy razvitiya upravleniya oboronno-promyshlennym kompleksom: monografiya* [Topical issues of developing the management of the military-industrial complex: a monograph]. Moscow, Onto-Print Publ., 2017, 512 p.
15. Lavrinov G.A., Kosenko A.A., Babkin G.V. *Ekonomicheskie aspekty voenno-tehnicheskoi politiki Rossiiskoi Federatsii na sovremennom etape: monografiya* [Economic aspects of military-technical policy of the Russian Federation at the present stage: a monograph]. Moscow, Granitsa Publ., 2013, 470 p.

16. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. *Razvitie voennykh tekhnologii XXI veka: problemy, planirovanie, realizatsiya* [Developing the military technologies of the 21st century: Problems, planning, implementation]. Tver, Kupol Publ., 2009, 624 p.
17. Leonov A.V., Pronin A.Yu. [Estimated cost of high-tech products manufacturing]. *Kompetentnost' = Competence*, 2015, no. 6, pp. 32–37. (In Russ.)
18. Roshchin A.V., Tikhonov I.P., Pronichkin S.V. [Methodological approach to assessing the effectiveness of results of scientific and technical programs]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2013, no. 21, pp. 10–18.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskiy-podhod-k-otsenke-effektivnosti-rezultatov-nauchno-tehnicheskikh-programm> (In Russ.)
19. Bukhonova S.M., Doroshenko Yu.A. [On assessing the economic efficiency of innovation of various types]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2005, no. 4, pp. 7–10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/k-otsenke-ekonomicheskoy-effektivnosti-innovatsiy-raznyh-tipov> (In Russ.)
20. Larin S.N. [Scientific and technical programs: Approaches to monitoring and assessing the effectiveness]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost' = National Interests: Priorities and Security*, 2015, no. 8, pp. 24–32. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/nauchno-tehnicheskie-programmy-podhody-k-organizatsii-monitoringa-i-otsenke-effektivnosti> (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.