

МЕТОДИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТАРИЙ ПЛАНИРОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ЗАТРАТ НА СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ В УСЛОВИЯХ РИСКА*

Александр Васильевич ЛЕОНОВ^a,

Алексей Юрьевич ПРОНИН^{b,*}

^a доктор экономических наук, профессор, ведущий научный сотрудник,
46-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны РФ,
Москва, Российская Федерация
alex.clein51@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8948-1311>
SPIN-код: отсутствует

^b кандидат технических наук, начальник лаборатории,
46-й Центральный научно-исследовательский институт Министерства обороны РФ,
Москва, Российская Федерация
pronin46@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8947-3047>
SPIN-код: 6833-7914

* Ответственный автор

История статьи:

Рег. № 3/2020
Получена 09.01.2020
Получена в
доработанном виде
26.01.2020
Одобрена 17.02.2020
Доступна онлайн
30.01.2023

УДК 355.359

JEL: A12, G18, G28,
H61, H62

Аннотация

Предмет. Методический инструментарий, позволяющий определить потребный объем финансовых средств и оптимизировать их поэтапное использование при практической реализации проектов по созданию высокотехнологичной продукции. Прогнозную оценку результатов выполнения проектов представляется возможным осуществить лишь на вероятностном уровне ввиду высокой степени неопределенности, обусловленной действием множества случайных факторов.

Цели. Разработка методического инструментария, позволяющего определить потребный объем финансовых средств в условиях риска и обосновать рациональную стратегию их использования в процессе практической реализации проектов по созданию высокотехнологичной продукции в заданное время. Данный инструментарий должен обеспечивать возможность оперативной корректировки плана финансирования и сметы расходов на выполнение проектов.

Методология. Использован комплексный подход к процессам планирования и регулирования динамики затрат на создание высокотехнологичной продукции, методы экономико-математического моделирования и теории вероятностей.

Результаты. Рассмотрены методы определения потребного объема финансовых средств с использованием вероятностных законов распределения потребности, на основе которых разработана интервальная методика регулирования динамики затрат, позволяющая обосновать рациональную стратегию практической реализации проектов с требуемой вероятностью в заданное время. Отличительной особенностью интервальной методики является «видение» в целом всего периода, в течение которого будет осуществляться практическая

* Статья подготовлена по материалам журнала «Национальные интересы: приоритеты и безопасность». 2020. Т. 16. Вып. 3.

Ключевые слова:

планирование,
регулирование,
инструментарий,
методы,
высокотехнологичная
продукция

реализация проекта, и возможность достаточно заблаговременно прогнозировать нехватку или избыток финансовых средств.

Выводы. Практическое использование предложенного методического инструментария позволяет осуществлять технико-экономическую оценку различных вариантов создания высокотехнологичной продукции и выбирать варианты, обеспечивающие оптимальное использование финансовых средств, оперативно регулировать экономическую динамику по этапам создания высокотехнологичной продукции с учетом совокупного действия множества различных факторов, которые на отдельных этапах носят случайный характер.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2020

Для цитирования: Леонов А.В., Пронин А.Ю. Методический инструментарий планирования и регулирования динамики затрат на создание высокотехнологичной продукции в условиях риска // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2023. – Т. 22, № 1. – С. 172 – 190.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.1.172>

Введение

Важнейшими задачами формирования и реализации государственных программ и проектов (далее – проектов) по созданию высокотехнологичной продукции (ВТП) являются планирование потребных финансовых средств и регулирование их практического использования на этапах создания ВТП.

Практика показывает, что использование существующей методической базы решения этих задач, базирующейся в основном на планировании финансовых средств на различные программные мероприятия¹, не всегда возможно в силу недостаточного учета множества неопределенностей, возникающих при создании ВТП. Установлено, что существующие модели оптимизации финансирования процесса создания ВТП носят весьма разрозненный характер и не позволяют дать комплексную оценку возможности выполнения проектов по созданию ВТП в течение заданного времени, особенно в условиях риска [1–5].

Многоаспектность рассмотрения категории «риск» в современной научно-технической и экономической литературе приводит к необходимости четкого определения точки зрения, с которой производится его учет и оценка. В общем случае любой вид неопределенности может быть приведен к понятию риска, если удастся получить статистические характеристики.

В реальных условиях при оценке риска обычно используется двухфакторная модель риска, которая базируется на сочетании вероятности появления негативного события и тяжести его возможных последствий. Считается, что риск тем больше, чем больше вероятность события а, следовательно, тяжесть ущерба [6]. Вероятность

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

появления негативного события связана с основными видами рисков, которые необходимо учитывать при планировании и регулировании затрат при создании ВТП, в том числе [2]:

- финансово-экономический риск (возможность недостаточного финансирования разработок высокотехнологичной продукции и превышения фактических затрат над запланированными и др.);
- научно-технический риск (возможность невыполнения организациями – разработчиками ВТП технических требований, прекращение работ по научно-техническим причинам и др.);
- производственно-технологический риск (старение производственных фондов, износ технологических линий, утрата важнейших технологий производства и др.).

Кроме того, необходимо учитывать риски, связанные со специфическими особенностями создания ВТП: уникальность разработки критических технологий и технических решений; отсутствие образцов-аналогов; универсальный характер большинства используемых технологий.

Большинство из перечисленных рисков приводит к существенному завышению или, наоборот, занижению объемов финансирования программных мероприятий по созданию ВТП, что в конечном итоге сказывается на эффективности использования финансовых средств, выделяемых на реализацию программных мероприятий [7].

В результате в упомянутой двухфакторной модели риска возрастает тяжесть возможных последствий от недостаточно обоснованного потребного объема финансовых средств и неправильного выбора стратегии регулирования динамики затрат на создание ВТП.

Схема процесса планирования и регулирования динамики затрат в программах (проектах) по созданию ВТП в общем виде представлена на *рис. 1*.

Если принять во внимание, что изменения состояний событийной системы «планирование – регулирование» происходят под действием перечисленных факторов риска, то потребный объем финансовых средств, необходимых на создание ВТП в программах (проектах), следует рассматривать как случайную величину, распределенную по определенному вероятностному закону. Аналогично реальные потребности в финансовых средствах, возникающие на отдельных этапах создания ВТП, также являются случайной величиной. Объективное наличие и проявление этих закономерностей для вновь разрабатываемых изделий ВТП связано с достаточно большим числом складывающихся случайных воздействий и порождающих в своей совокупности случайную величину, подчиненную вполне определенному вероятностному закону. В связи с этим нелинейные процессы, возникающие в событийной системе «планирование – регулирование» в условиях

риска, следует исследовать комплексно, и с точки зрения теории вероятностей². Однако до настоящего времени комплексный подход к планированию и практической реализации финансовых средств в программах (проектах) на создание ВТП не использовался.

Именно поэтому требуется методический инструментарий, позволяющий, с одной стороны, определить потребный объем финансовых средств на создание ВТП в условиях риска, а с другой – обосновать рациональную стратегию регулирования динамики затрат с учетом «видения» в целом всего запланированного периода, в течение которого будет осуществляться практическая реализация проекта по созданию ВТП.

На необходимость разработки данного методического инструментария указывает современная тенденция к рациональному использованию финансовых средств, выделяемых на создание ВТП с учетом множества случайных факторов и процессов [1, 2, 6]. Принимая во внимание указанную тенденцию, в данном исследовании нами предлагается комплексный подход, позволяющий взаимосвязанно рассматривать процессы планирования и регулирования динамики затрат на создание ВТП.

В связи с этим рассмотрены следующие составные части разработанного методического инструментария: методы планирования затрат на создание ВТП и интервальная методика регулирования динамики затрат.

Методы планирования затрат на создание ВТП

Планирование страховой части финансовых средств при формировании перспективных и текущих планов создания и развития ВТП обусловлено необходимостью учета множества факторов неопределенности, воздействующих на процесс реализации этих планов.

Именно поэтому в условиях существенных рисков при создании ВТП величина потребного объема финансовых средств Q^B планируется из текущей Q_T и страховой Q_C частей:

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

Величина Q_T определяется, как правило, из расчета среднего потребного объема финансовых средств за определенный промежуток времени. Однако эта величина не всегда обеспечивает требуемую вероятность реализации проекта в заданное время, так как возможны ситуации, когда может наблюдаться превышение величины Q_T

² Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 832 с.; Математические методы и модели в экономике: задачи и решения: учебно-практич. пособие. 2-е изд., перераб. М.: Альфа-Пресс, 2016. 304 с.; Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003.

за счет случайных колебаний реальной потребности в финансовых средствах. Величина реального потребного объема финансовых средств на создание ВТП зависит от многих факторов, большинство из которых носит случайный характер. Назначение страховой части Q_C как раз и состоит в парировании всевозможных рисков, приводящих к возможному превышению величины Q_T .

Тогда общая величина потребных финансовых средств будет равна:

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

где $\hat{S}$ – величина средней потребности в финансовых средствах; $Q_C(\hat{S})$ – величина страховой части, зависящая от $\hat{S}$.

На величину $Q_C(\hat{S})$ влияет множество различных факторов, упомянутых ранее, большинство из которых носит случайный характер. В связи с этим определение Q^B осуществляется двумя способами: для известного и неизвестного законов распределения потребности в финансовых средствах. Рассмотрим эти способы. В качестве научно-методологической основы нами выбраны пуассоновский и нормальный законы распределения случайных величин и их параметры.

Определение Q^B для известного закона распределения потребного объема финансовых средств. Для определения величины $Q_C(\hat{S})$ воспользуемся законом Пуассона – дискретным вероятностным распределением³.

Возможность применения данного закона обусловлена следующими положениями. С точки зрения теории случайных процессов⁴ [8, 9], процесс практической реализации проекта можно рассматривать как непрерывную, необратимую последовательность событий (этапов создания ВТП), однородных по содержанию (порядку формирования и реализации), но различных по объемам финансовых средств, которые требуются на их реализацию. Анализ динамики этого событийного процесса показал, что он обладает всеми свойствами пуассоновского потока, то есть является стационарным, с дискретными состояниями, с непрерывным временем, не имеет последействий, ординарный. Главной особенностью случайной величины $\hat{S}$, распределенной по закону Пуассона, является равенство ее математического ожидания и дисперсии. С учетом этих положений возможность удовлетворения случайной потребности в финансовых средствах будет наблюдаться при условии $Q^B \geq \hat{S}$, а вероятность этого события равна:

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

³ Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 832 с.; Математические методы и модели в экономике: задачи и решения: учебно-практич. пособие. 2-е изд., перераб. М.: Альфа-Пресс, 2016. 304 с.; Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь. Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003.

⁴ Там же.

При заданной вероятности $P^0 = P(Q^B \geq \hat{S})$ реализации проекта по созданию ВТП потребный объем финансовых средств Q^B можно найти из следующего выражения:

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

Для получения в явном виде величины Q^B учтем, что при $\hat{S} \rightarrow \infty$ распределение Пуассона сходится к нормальному закону распределения с математическим ожиданием $\hat{S}$ и средним квадратическим отклонением $\sigma_S = \sqrt{\hat{S}}$.

Правомерность использования нормального закона, применительно к решаемой задаче, подтверждается следующими положениями [4, 10]:

- 1) отклонение фактических (реальных) объемов финансовых средств от средних (запланированных) может произойти как в большую, так и в меньшую сторону, причем можно говорить об их примерной равновероятности;
- 2) вероятность отклонений в меньшую (большую) сторону тем ниже, чем больше их величина, что объясняется следующим:
 - при уменьшении финансовых средств, выделяемых на создание ВТП, по сравнению с ожидаемым (прогнозируемым) значением, увеличивается научно-технический риск невыполнения проекта;
 - чем больше превышение объема финансовых средств, выделяемых на выполнение проекта (по сравнению с ожидаемым значением), тем больше вероятность их избыточности;
- 3) ошибка в оценке потребных объемов финансовых средств на создание ВТП формируется под воздействием множества факторов.

Согласно теореме А.М. Ляпунова, если случайная величина представляет собой сумму очень большого числа взаимно независимых случайных величин, влияние каждой из которых на всю сумму мало, то случайная величина имеет распределение, близкое к нормальному закону [3]. Нормальный закон распределения характеризуется, как уже отмечено ранее, двумя главными параметрами – математическим ожиданием и средним квадратическим отклонением.

С учетом изложенных положений получим следующее выражение⁵ для определения Q^B :

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

где F^{-1} – функция, обратная функции Лапласа;

⁵ Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. М.: Наука, 1977. 832 с.

$h = F^{-1}(1 - P^0)$ – коэффициент, зависящий от заданной вероятности реализации проекта P^0 , для $P^0 = 0,95$, $h = 1,65$; $P^0 = 0,99$, $h = 2,34$.

Таким образом, разность между Q^B и $\hat{S}$ (то есть $h \sigma_s$, где $\sigma_s = \sqrt{\hat{S}}$ – дисперсия) определяет объем страховой части в условиях реальных объемов потребных финансовых средств, имеющих вероятностный характер.

Определение Q^B для неизвестного закона распределения потребного объема финансовых средств. В этом случае для оценки Q^B предлагается использовать метод, основанный на неравенстве Чебышева [3]:

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

В данном случае при оценке Q^B учитывается то, что на практике при создании ВТП, как правило, отсутствуют данные о функции распределения потребности в финансовых средствах, особенно для перспективных изделий, построенных на новых принципах действия и не имеющих аналогов среди существующих изделий ВТП, или эти данные могут существенно отличаться от нормального закона распределения.

Тогда, если вероятность превышения реального потребного объема финансовых средств будет не более $(1 - P^0)$, то из соотношения (6) после нескольких его алгебраических преобразований определим величину Q^B :

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

для $P^0 = 0,95 \cdot Q^B = \hat{S} + 3,3 \cdot \sigma_s$. (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 финансовых средствах на создание ВТП. В этом случае страховую часть финансовых средств, определяемую на основании формулы (5) как разность между Q^B и $\hat{S}$, необходимо удвоить. На основе предложенных методов определения потребных финансовых средств на создание ВТП в условиях риска разработана интервальная методика регулирования динамики затрат, содержание которой приведено далее.

Интервальная методика регулирования динамики затрат на создание ВТП

Регулирование – это процесс практической реализации запланированных в проекте объемов финансовых средств на создание ВТП в условиях воздействия случайных факторов.

Проведенные ранее исследования [1, 2, 6] показали, что распределение запланированных финансовых средств по этапам проекта имеет неравномерный характер. В связи с этим представляется целесообразным регулирование динамики затрат проводить по интервалам (этапам создания ВТП), что позволяет достаточно заблаговременно прогнозировать нехватку или избыток финансовых средств.

Для учета нелинейного характера динамики затрат при практической реализации проектов по созданию ВТП разработана соответствующая интервальная методика.

Методика базируется на «видении» в целом всего запланированного периода, в течение которого будет осуществляться практическая реализация проекта по созданию ВТП с учетом требуемой вероятности P^0 его реализации в заданное время.

Структура методического инструментария планирования и регулирования динамики затрат на создание ВТП в условиях риска приведена на *рис. 2*.

Приведем постановку задачи регулирования динамики затрат на создание ВТП и основные положения предлагаемой интервальной методики.

Постановка задачи. Известно:

l ($l = 1, \dots, L$) – виды ВТП;

$t = 0, 1, \dots, T$ – этапы (интервалы) создания ВТП;

T – программный период, в течение которого контролируется и корректируется динамика затрат на создание ВТП;

$q_l(t) = Q_l(t+1) - Q_l(t)$, $Q_0 = 0$ – величина, на которую осуществляется реализация финансовых средств, на каждом t -м этапе проекта по созданию l -го вида ВТП (то есть необходимая мера восполнения финансовых средств на каждом из этапов);

$Q_l(T) = q_l(1) + q_l(2) + \dots + q_l(t-1)$ – общий объем реализации финансовых средств на весь программный период T .

Требуется выбрать такую рациональную стратегию $S^*[q_l(1), q_l(2), \dots, q_l(t-1)]$ реализации финансовых средств на каждом из контролируемых расчетных (единичных) интервалов t , $t = 0, 1, \dots, T$, которая обеспечивает требуемую вероятность P^0 реализации проекта в заданное время.

Содержание интервальной методики. Поэтапный процесс практической реализации, запланированный в проекте по созданию ВТП, финансовых средств для каждого l -го вида ВТП прогнозируется как нестационарный процесс, который на каждом t -м этапе в соответствии с выражением (5) характеризуется нормально распределенной случайной величиной

$$N[\hat{S}_{l,t}; \sigma_{l,t}]. \quad (8)$$

Тогда на первом этапе величина фактических потребных финансовых средств $q_l(1)$ будет равна

$$q_l(1) = Q_l(1) = \hat{S}_{l,t} + h\sigma_{l,1}. \quad (9)$$

С учетом независимости возникающей потребности на отдельных этапах суммарная величина фактических потребных финансовых средств на два первых этапа $\hat{S}_l(2)$ может быть выражена в соответствии с обобщенной теоремой Чебышева⁶ как композиция независимых случайных величин $\hat{S}_{l,1}$ и $\hat{S}_{l,2}$ и их дисперсий. Это означает, что при последовательном переходе к каждому последующему этапу среднее арифметическое величин $q_l(1) + q_l(2) + \dots + q_l(t-1)$ сходится по вероятности к среднему арифметическому их математических ожиданий, то есть разность между тем и другим средним арифметическим сходится по вероятности к нулю. Следовательно, случайная величина $\hat{S}_l(2)$ также является нормально распределенной величиной с математическим ожиданием $\hat{S}_l(2) = \hat{S}_{l,1} + \hat{S}_{l,2}$ и дисперсией $\sigma_l^2 = (\sigma_{l,1})^2 + (\sigma_{l,2})^2, D = \sigma_l^2(2)$.

Поэтому необходимый объем потребных финансовых средств на два первых этапа будет равен

$$Q_l(2) = \hat{S}_{l,2} + h\sigma_{l,2}, q_l(2) = Q_l(2) - Q_l(1). \quad (10)$$

На t -м этапе необходимый объем потребных финансовых средств будет равен

$$Q_l(t) = \hat{S}_{l,t} + h\sigma_{l,t}, q_l(t) = Q_l(t) - Q_l(t-1). \quad (11)$$

Так как необходимая величина потребных финансовых средств на всех предыдущих этапах уже определена, то на последнем этапе необходимо определить

$$Q_l(T) = Q_{l,t} - (q_l(0) + q_l(1) + \dots + q_l(t-1)). \quad (12)$$

Таким образом, для каждого l -го ($l = 1, \dots, L$) вида ВТП найдена необходимая мера восполнения финансовых средств на каждом из этапов $t = 0, 1, \dots, T$, с вероятностью P^0 гарантирующая реализацию проекта по созданию ВТП в заданное время.

В случае автономного (независимого) рассмотрения изделий ВТП объем потребных ассигнований для каждого l -го вида ВТП будет равен

$$Q_l(T) = q_l(0) + q_l(1) + \dots + q_l(t-1). \quad (13)$$

Исходя из такой интервальной стратегии, для заданного множества изделий ВТП потребный объем финансовых средств будет равен:

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

$$Q_d = \sum_{l \in L} Q_l. \quad (14)$$

Потребный объем финансовых средств для совокупности изделий ВТП будет выражаться величиной Q_d , при которой достигается минимум отклонения запланированного в проекте объема финансовых средств на t -й этап создания ВТП от фактического (реального) или прогнозируемого объема финансовых средств.

С использованием предлагаемой интервальной методики, применительно к формированию экономически целесообразной стратегии расходования средств на создание ВТП, представляется возможным:

- рационально распределять выделяемые (планируемые) финансовые средства по этапам создания ВТП;
- оперативно регулировать экономическую динамику [10] по этапам создания ВТП с учетом совокупного действия финансово-экономических, научно-технических и производственно-технологических факторов, многие из которых на отдельных этапах носят случайный характер;
- достаточно заблаговременно прогнозировать нехватку (избыток) средств по этапам практической реализации проекта;
- выбирать рациональные стратегии практической реализации проектов по созданию ВТП.

Одним из перспективных направлений дальнейших исследований в этой области является учет факторов, связанных с возможностью объединения создаваемых изделий ВТП в синергетические кластеры по различным аспектам (например, функциональному, конструктивно-технологическому и др.) и созданию семейства унифицированных изделий ВТП, предназначенных для решения возложенных на них задач в различных условиях применения. Формирование и исследование синергетических кластеров является реальной предпосылкой для проведения работ по унификации (универсализации) ВТП и, как следствие, более эффективного использования финансовых средств. Использование возможностей унификации является на сегодняшний день недостаточно реализованным потенциалом при планировании и практической реализации программ и проектов по созданию ВТП.

Пример использования разработанного инструментария на практике

Рассмотрим гипотетическое изделие высокотехнологичной продукции, создание которого предполагается осуществить в четыре этапа.

Потребный объем финансовых средств на практическую реализацию проекта по созданию ВТП определяется с использованием полученных ранее выражений:

- выражение (5) – для известного закона распределения реального потребного объема финансовых средств (с учетом того, что распределение Пуассона сходится к нормальному закону распределения с математическим ожиданием $\bar{S}$ и средним квадратическим отклонением $\sigma_S = \sqrt{\bar{S}}$);
- выражение (7) – для неизвестного закона распределения реального потребного объема финансовых средств (в этом случае используется метод Чебышева).

Предположим, что запланированный объем финансирования на реализацию проекта с использованием выражения (5) или (7) составляет 200 условных единиц (у.е.).

Значения запланированных объемов финансирования по этапам создания изделия ВТП и коэффициенты значимости этапов приведены в *табл. 1*.

Однако в ходе реализации проекта возникли различного вида риски, которые привели к сокращению (снижению) объемов финансирования программных мероприятий по созданию ВТП. В результате реальный объем финансирования оказался меньше запланированного и составил 180 у.е.

Необходимо найти рациональную стратегию S^* реализации финансовых средств по этапам проекта, чтобы все работы по созданию ВТП были выполнены в полном объеме и в установленные сроки.

Все этапы создания ВТП упорядочиваются по важности: этап 3 (важность 0,4) $\geq$ этап 2 (важность 0,25) $\geq$ этап 1 (важность 0,2) $\geq$ этап 4 (важность 0,15).

Решение задачи осуществляется с использованием разработанной интервальной методики. В рассматриваемом примере рациональная стратегия S^* реализации финансовых средств устанавливается на основе последовательного использования выражений (8)–(14).

Результаты расчетов приведены в *табл. 2*.

Таким образом, рациональная стратегия S^* реализации финансовых средств заключается в последовательном выполнении работ, предусмотренных в рамках этапов 3, 2, 1 в полном объеме и в установленные сроки, а оставшиеся ресурсы могут быть использованы на выполнение отдельных работ в рамках 4 этапа.

Такая стратегия реализации запланированных финансовых средств на каждом из этапов обеспечивает требуемую вероятность реализации проекта в заданные сроки.

Результаты исследования

При проведении исследования установлено, что существующие модели оптимизации финансирования процесса создания ВТП не позволяют дать комплексную оценку возможности выполнения проектов по их созданию в течение заданного времени, особенно в условиях риска. Именно поэтому был учтен ряд

специфических особенностей создания ВТП: уникальность разработки критических технологий и технических решений; отсутствие образцов-аналогов; универсальный характер большинства используемых технологий и др. В результате установлены виды рисков, которые необходимо учитывать при выборе рациональной стратегии регулирования экономической динамики ВТП, основными из которых являются:

- финансово-экономический риск (возможность недостаточного финансирования разработок высокотехнологичной продукции и превышения фактических затрат над запланированными и др.);
- научно-технический риск (возможность невыполнения организациями-разработчиками ВТП технических требований, прекращение работ по научно-техническим причинам и др.);
- производственно-технологический риск (старение производственных фондов, износ технологических линий, утрата важнейших технологий производства и др.).

Установлено, что эти виды риска имеют место как при планировании, так и регулировании динамики затрат на создание ВТП, при этом изменения состояний событийной системы «планирование – регулирование» происходят под действием именно перечисленных ранее факторов риска. По этой причине потребный объем финансовых средств, необходимых на создание ВТП, следует рассматривать как случайную величину, распределенную по определенному вероятностному закону. Аналогично реальные потребности в финансовых средствах, возникающие на отдельных этапах создания ВТП, также являются случайной величиной. Объективное наличие и проявление этих закономерностей для вновь разрабатываемых изделий ВТП связано с достаточно большим числом складывающихся случайных воздействий, порождающих в своей совокупности случайную величину, подчиненную вполне определенному вероятностному закону. В связи с этим нелинейные процессы, возникающие в событийной системе «планирование – регулирование» в условиях риска, были исследованы комплексно и с точки зрения теории вероятностей. С использованием комплексного подхода были установлены:

- 1) выражения для определения потребного объема финансовых средств, в том числе:
 - для известного вероятностного закона распределения потребности в финансовых средствах, выражение (5);
 - для неизвестного вероятностного закона распределения потребности в финансовых средствах, выражение (7);

2) рациональная стратегия $S^*[q_l(1), q_l(2), \dots, q_l(t-1)]$ практической реализации запланированной потребности в финансовых средствах на каждом из контролируемых расчетных (единичных) интервалов t ($t = 0, 1, \dots, T$), обеспечивающая требуемую (заданную) вероятность P^0 реализации проекта по созданию ВТП в заданное время и обеспечивающая рациональное использование бюджетных средств, минимизацию рисков и временных затрат.

Предложенный методический инструментарий управления экономической динамикой может быть использован при технико-экономическом обосновании требуемых значений показателей ВТП и найти широкое применение в различных отраслях российской экономики. Он позволяет выбирать необходимую модель регулирования экономической динамики в условиях риска и соответствующие параметры регулирования.

Заключение

Новизна предложенного методического инструментария заключается в том, что он обеспечивает комплексное определение потребного объема финансовых средств и выбор рациональных вариантов практической реализации программ и проектов по созданию ВТП в условиях совокупного действия разнообразных факторов риска, в том числе финансово-экономических, научно-технических и производственно-технологических. С использованием методического инструментария представляется возможным обосновать рациональную стратегию практической реализации запланированной потребности в финансовых средствах на каждом из этапов, обеспечивающую требуемую вероятность реализации проекта по созданию ВТП в заданное время. Разработанный методический инструментарий может быть использован при создании ВТП в следующих областях:

- нормирование затрат;
- оперативное регулирование экономической динамики и повышение ее устойчивости к воздействию внешних и внутренних факторов;
- управление рисками при создании ВТП;
- унификация (универсализация) изделий ВТП и их составных частей;
- автоматизация процессов управления;
- повышение точности прогноза экономической динамики ВТП в условиях наличия ограниченного объема статистических данных;
- повышение эффективности использования финансовых ресурсов, выделяемых на создание и развитие ВТП.

Таблица 1**Исходные данные для расчетов****Table 1****Input data for computations**

Характеристика	Основные этапы			
	Этап 1	Этап 2	Этап 3	Этап 4
Запланированный объем финансирования, у.е.	40	50	80	30
Коэффициент значимости этапа	0,2	0,25	0,4	0,15

Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Таблица 2****Результаты расчетов****Table 2****Results of computations**

Характеристика	Основные этапы			
	Этап 3	Этап 2	Этап 1	Этап 4
Запланированный объем финансирования по этапам, у.е.	80	50	40	30
Коэффициент значимости этапа	0,4	0,25	0,2	0,15
Реальный объем финансирования, у.е.	180			
Результаты решения оптимизационной задачи	80	50	30	20
Оценка выполнения условия $P \geq P^0$	выполняется	выполняется	выполняется	не выполняется

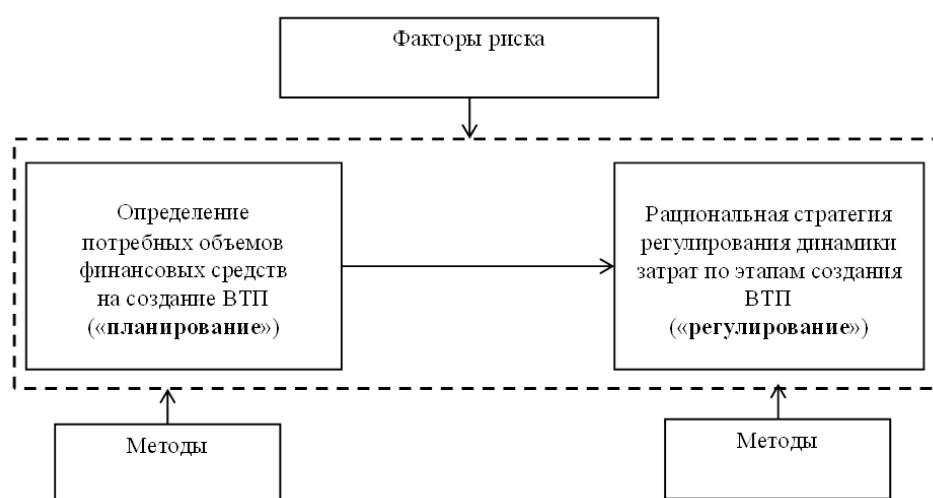
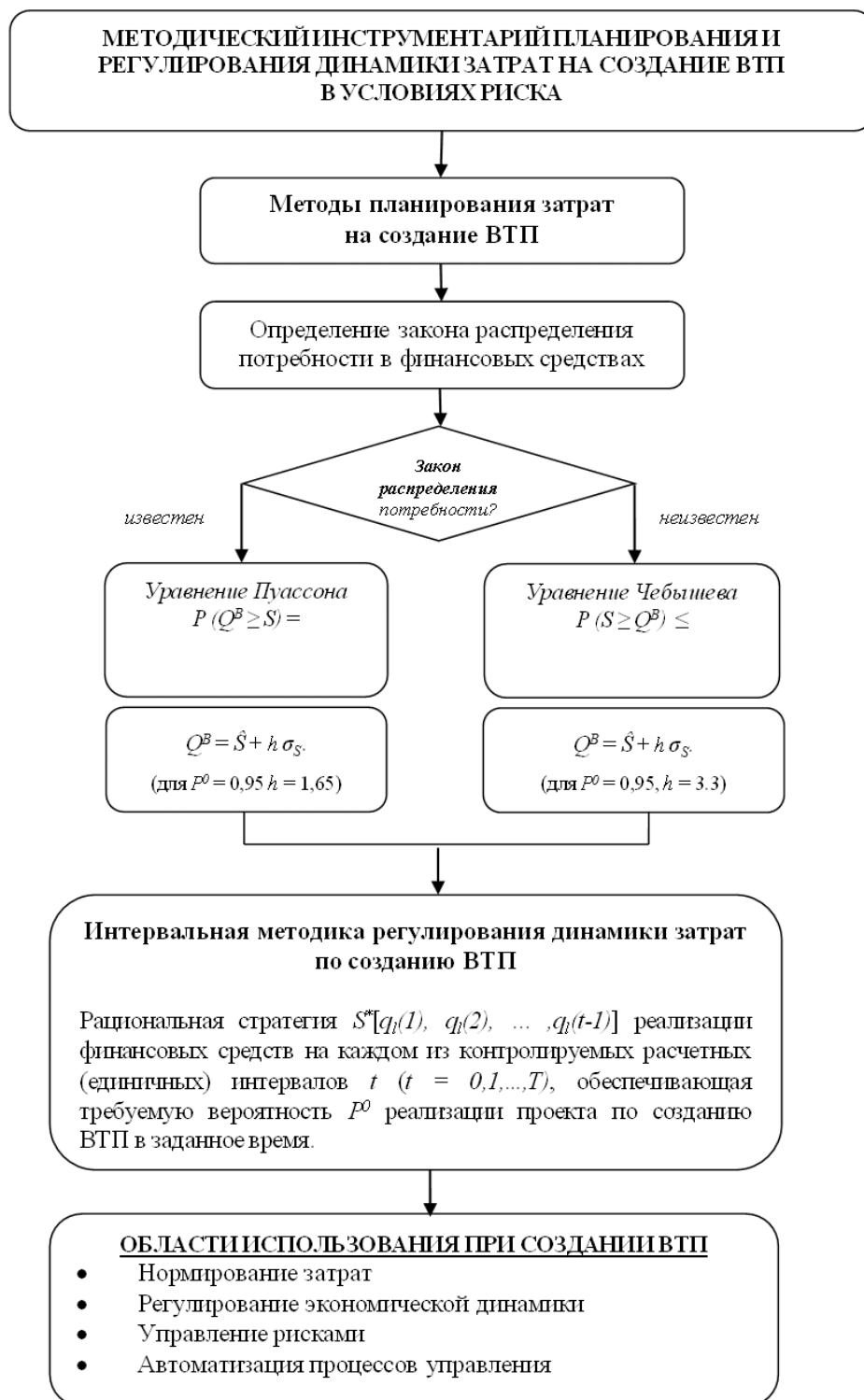
Источник: авторская разработка*Source:* Authoring**Рисунок 1****Общая схема процесса планирования и регулирования затрат на создание ВТП****Figure 1****A general scheme of planning and regulating high-tech production costs***Источник:* авторская разработка*Source:* Authoring

Рисунок 2

Структура методического инструментария планирования и регулирования затрат на создание ВТП в условиях риска

Figure 2

The composition of the methodological apparatus for planning and regulating high-tech production costs



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оптимизация использования финансовых средств, выделяемых на создание высокотехнологичной продукции // *Экономический анализ: теория и практика*. 2019. Т. 18. Вып. 1. С. 164–178. URL: <https://doi.org/10.24891/ea.18.1.164>
2. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Инновационно-технологические пути обеспечения национальной безопасности России. М.: ИНФРА-М, 2018. 268 с.
3. Ильичев А.В., Волков В.Д., Грущанский В.А. Эффективность проектируемых элементов сложных систем. М.: Высшая школа, 1982. 280 с.
4. Ильичев А.В. Основы анализа эффективности и рисков целевых программ. Истоки, формализация, реализация. М.: Научный мир, 2009. 306 с.
5. Моисеев Н.Н., Иванюков Ю.П., Столяров Е.М. Методы оптимизации. М.: Наука, 1978. 352 с.
6. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Метод прогнозирования затрат на создание высокотехнологичной продукции // *Компетентность*. 2016. № 2. С. 5–14.
7. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Граница, 2012. 424 с.
8. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. М.: Наука, 1991. 246 с.
9. Экономика военного строительства: новая парадигма / под ред. Г.А. Лавринова, Викулова С.Ф. Ярославль: ООО ИПК «Литера», 2008. 413 с.
10. Беленький В.З. Оптимизационные модели экономической динамики: понятийный аппарат, одномерные модели. М.: Наука, 2007. 259 с.

Информация о конфликте интересов

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

pISSN 2073-039X
eISSN 2311-8725

Mathematical Methods and Models

THE METHODOLOGICAL APPARATUS FOR PLANNING AND REGULATING TRENDS IN HIGH-TECH PRODUCTION COSTS UNDER RISK

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
<https://orcid.org/0000-0001-8948-1311>

^b 46th Central Research Institute of Ministry of Defense of Russian Federation,
Moscow, Russian Federation
pronin46@bk.ru
<https://orcid.org/0000-0001-8947-3047>

* Corresponding author

Article history:

Article No. 3/2020
Received 9 January 2020
Received in revised form
26 January 2020
Accepted 17 Feb 2020
Available online
30 January 2023

JEL classification: A12,
G18, G28, H61, H62

Keywords: planning,
regulation, tools,
methods, high-tech
products

Abstract

Subject. The article discusses the methodological apparatus for assessing how many financial resources are needed, and optimize their gradual consumption in high-tech production projects. Results of the projects can be forecasted only as a probable estimate, since there is great uncertainty due to a multitude of random factors.

Objectives. The study aims to form the methodological apparatus to assess the amount of financial resources needed under risk and substantiate the reasonable strategy for consuming them in high-tech production projects within a given period of time. The apparatus is to allow for quick adjustments of the financing plan and estimation of project expenditures.

Methods. We applied the comprehensive approach to planning and regulating trends in high-tech production costs, methods of economic and mathematical modeling and the probability theory.

Results. We reviewed methods used to assess how many financial resources are needed through demand probability distribution laws. Based on them, we devised the interval technique for regulating cost trends so as to substantiate the reasonable strategy for the performance of projects with the desired probability within the given period of time. What distinguishes the interval technique is that it provides the overall vision of the period, during which the project will be performed, and the probability of the advanced prediction of a shortage or excess of financial resources.

Conclusions. The methodological apparatus proposed herein will facilitate the technological and economic evaluation of various options of high-tech production and choose those ones which ensure the best use of financial resources, quickly regulate the economic dynamism throughout the high-tech production phases in line with a variety of factors, which randomly emerge at certain phases.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2020

Please cite this article as: Leonov A.V., Pronin A.Yu. The Methodological Apparatus for Planning and Regulating Trends in High-Tech Production Costs under Risk. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2023, vol. 22, iss. 1, pp. 172–190.
<https://doi.org/10.24891/ea.22.1.172>

Acknowledgments

The article was adapted from the *National Interests: Priorities and Security* journal, 2020, vol. 16, iss. 3.

References

1. Bat'kovskii A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. [Optimizing the use of financial funds allocated for high-tech product development]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika* = *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 1, pp. 164–178. (In Russ.) URL: <https://doi.org/10.24891/ea.18.1.164>
2. Leonov A.V., Pronin A.Yu. *Innovatsionno-tekhnologicheskie puti obespecheniia natsional'noi bezopasnosti Rossii* [Innovative and technological ways to ensure the national security of Russia]. Moscow, INFRA-M Publ., 2018, 268 p.
3. Il'ichev A.V., Volkov V.D., Grushchanskii V.A. *Effektivnost' proektiruemykh elementov slozhnykh system* [The efficiency of designed elements of complex systems]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1982, 280 p.
4. Il'ichev A.V. *Osnovy analiza effektivnosti i riskov tselevykh programm. Istoki, formalizatsiya, realizatsiya* [Principles for analyzing the efficiency and risks of special-purpose programs. Origins, formalization, implementation]. Moscow, Nauchnyi mir Publ., 2009, 306 p.
5. Moiseev N.N., Ivanilov Yu.P., Stolyarov E.M. *Metody optimizatsii* [Optimization methods]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 352 p.
6. Leonov A.V., Pronin A.Yu. [The method for forecasting high-tech production costs]. *Kompetentnost' = Competence*, 2016, no. 2, pp. 5–14. (In Russ.)
7. Burenok V.M., Lavrinov G.A., Podol'skii A.G. *Otsenka stoimostnykh pokazatelei vysokotekhnologichnoi prodyktii* [Estimation of cost parameters of high-tech products]. Moscow, Granitsa Publ., 2012, 424 p.
8. Ventsel' E.S., Ovcharov L.A. *Teoriya veroyatnostei i ee inzhenernye prilozheniya* [The probability theory and its application to engineering]. Moscow, Nauka Publ., 1991, 246 p.
9. *Ekonomika voennogo stroitel'stva: novaya paradigma* [Economics of military engineering: A new paradigm]. Yaroslavl, Litera Publ., 2008, 413 p.
10. Belen'kii V.Z. *Optimizatsionnye modeli ekonomicheskoi dinamiki: ponyatiinyi apparat, odnomernye modeli* [Optimization models of economic dynamics: The conceptual framework, one-dimensional models]. Moscow, Nauka Publ., 2007, 259 p.

Conflict-of-interest notification

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