

МЕТОДОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ СОЗДАНИЕМ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПАХ ФОРМИРОВАНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДЕЛА

Александр Васильевич ЛЕОНОВ^а, Алексей Юрьевич ПРОНИН^б*

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

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

• Ответственный автор

История статьи:

Получена 06.12.2017
Получена в доработанном виде 17.12.2017
Одобрена 29.12.2017
Доступна онлайн 15.02.2018

УДК 355.359

JEL: G18, G28, H11, O21

Ключевые слова:

высокотехнологичная продукция, методология, управление, научно-технический задел, самоорганизация

Аннотация

Тема. Одним из актуальных направлений дальнейшего совершенствования методического инструментария управления созданием высокотехнологичной продукции в России и за рубежом является создание моделей, позволяющих давать комплексную технико-экономическую оценку вариантам использования новых и традиционных технологий, а также оценку возможности выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в течение заданного времени, особенно в условиях риска.

Цели. Разработка методологии управления созданием высокотехнологичной продукции на этапах формирования научно-технического задела, демонстрация практического примера ее использования.

Методология. В работе применен индуктивный принцип самоорганизации, базирующийся на совместном использовании общенаучного принципа индукции и принципов самоорганизации. Он позволил сформировать модель управления созданием высокотехнологичной продукции, в которой ее создание представлено в виде многоэтапного многоконтурного процесса постепенного технологического совершенствования, когда разработка на каждом этапе осуществляется в виде серии небольших шагов самоорганизации с возможностью, при необходимости, возвращения к предыдущим этапам.

Результаты. Разработана методология управления созданием высокотехнологичной продукции на этапах формирования научно-технического задела. В ее основу положены индуктивный принцип самоорганизации и многоконтурная модель управления созданием высокотехнологичной продукции. Представлены структура и основные составные части разработанной методологии, а также практический пример ее использования на этапах технологического проектирования изделий высокотехнологичной продукции.

Значимость. Предложенная методология управления созданием высокотехнологичной продукции на этапах формирования научно-технического задела может быть использована в определенных технологических областях для обеспечения предсказуемости и стабильности программ создания высокотехнологичной продукции, а также снижения риска при их реализации. Результаты исследования могут быть полезны при разработке и реализации долгосрочных программ развития сложных технологических и технических систем, определения способов и путей обеспечения их устойчивого развития в интересах социально-экономического развития страны, обеспечения обороны и национальной безопасности Российской Федерации.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2017

Для цитирования: Леонов А.В., Пронин А.Ю. Методология управления созданием высокотехнологичной продукции на этапах формирования научно-технического задела // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. – 2018. – Т. 14, № 2. – С. 200 – 220.
<https://doi.org/10.24891/ni.14.2.200>

Введение

Создание высокотехнологичной продукции (ВТП) – весьма сложный и затратный процесс, управление которым начинается с формирования научно-технического задела (НТЗ). Основными составными частями НТЗ для создания ВТП являются [1]:

- научный задел (новые знания о явлениях и эффектах, имеющих прикладное значение для создания и производства ВТП);
- научно-технологический задел (новые материалы и вещества, составные части, модули и блоки для создания ВТП);
- производственно-технологический задел (промышленные технологии для производства ВТП).

По мере роста объемов расходов на создание ВТП значительно повышаются и требования к эффективности управления и использования выделенных на эти цели средств федерального бюджета. Это обстоятельство еще более стимулирует органы государственного управления к принятию мер по повышению результативности использования финансовых средств, выделяемых на создание ВТП.

Результативность использования выделяемых объемов финансовых средств зависит от качества плановых документов, что, в свою очередь, в значительной степени определяется совершенством используемого для их разработки методического инструментария управления созданием ВТП.

При формировании плановых документов на каждом этапе создания изделий ВТП рассматриваются, как правило, различные варианты их создания, отличающиеся характеристиками, сроками создания и потребными стоимостными затратами. Сложность оценки стоимости реализации планируемых мероприятий по созданию ВТП обусловлена следующими факторами [2]:

- разнообразием видов ВТП, создаваемой в ходе реализации мероприятий на различных стадиях жизненного цикла;
- различным периодом упреждения оценки стоимости мероприятий (от одного года до 10 лет и более);
- наличием большого количества факторов, влияющих на стоимость создания ВТП;
- различным составом и разной степенью достоверности исходных данных, используемых для оценки стоимости мероприятия;
- широким диапазоном варьирования длительности реализации мероприятия, которая может достигать десяти лет и более.

Данные факторы обуславливают необходимость совершенствования методического инструментария управления в интересах повышения эффективности использования бюджетных средств, направляемых на создание и развитие высокотехнологичной продукции.

Основным направлением повышения эффективности бюджетных расходов в рамках реформирования бюджетной системы Российской Федерации определено формирование системы бюджетирования, ориентированного на результат (БОР). Это было предусмотрено в Бюджетном послании Президента РФ еще в 2006 г. Однако попытка формирования такой системы «сверху» не увенчалась реальным успехом, поскольку отсутствовала методология бюджетирования, ориентированного на результат.

Разработка такой методологии является актуальной научной проблемой, решение которой возможно в процессе решения отдельных частных научных задач в этой области.

Одной из таких научных задач, решение которой позволит получить практический

опыт внедрения методологии БОР в деятельность федеральных органов исполнительной власти (ФОИВ), является разработка методического инструментария, с использованием которого представляется возможным повысить эффективность использования бюджетных средств, направляемых на создание и развитие ВТП.

Актуальность решения указанной задачи усиливается также тем, что если до настоящего времени отсутствовала мотивация ФОИВ – главных распорядителей бюджетных средств к ее практическому внедрению, то обострение проблем ресурсного обеспечения вследствие влияния финансово-экономических и других санкций со стороны США и Евросоюза, проявившихся в сокращении лимитов ассигнований, коренным образом изменило ситуацию. В результате этого у бюджетополучателей возникла конкурентная мотивация в борьбе за лимиты ассигнований из федерального бюджета, что стало источником нового этапа реформирования российской бюджетной системы. Основное его направление – внедрение принципов эффективного и ответственного управления общественными финансами путем представления федерального бюджета в форме совокупности государственных программ по различным направлениям деятельности, в которых предполагается увязка лимитов с результатами деятельности бюджетополучателей по достижению возложенных на них целей. При этом в государственных программах должны быть четко определены задачи ведомств и методы их достижения: прямые бюджетные расходы, тарифное регулирование, налоговые преференции и так далее¹.

Поскольку объемы финансового обеспечения деятельности бюджетополучателей стали зависеть от качества технико-экономического обоснования реализуемых ими проектов, то появился запрос на методическое обеспечение, реализующее переход к современным методам управления,

основанным на новых принципах, в том числе принципах самоорганизации².

Заинтересованность во внедрении принципов самоорганизации и повышении на этой основе эффективности расходования финансовых ресурсов обуславливает необходимость разработки методического инструментария, позволяющего реализовать эти принципы.

В данных условиях крайне важным представляется обеспечить не только эффективное управление созданием ВТП, отвечающей современным требованиям, но и добиться в процессе ее создания рационального использования имеющихся в наличии ограниченных ресурсов. Решение указанных задач должно базироваться на применении современных моделей создания высокотехнологичной продукции. Однако существующие модели имеют весьма разрозненный характер, касаются в основном отдельных этапов создания ВТП, опираются на различные исходные данные, не позволяют дать комплексную технико-экономическую оценку вариантам совместного использования новых и традиционных технологий, а также оценку возможности выполнения НИОКР по созданию ВТП в течение заданного времени, особенно в условиях риска.

Практика управления созданием и развитием ВТП показала целесообразность активного внедрения методического инструментария управления, в основу которого положено совместное использование принципов бюджетирования, ориентированного на результат, и принципов самоорганизации – как наиболее эффективных элементов современной методологии программно-целевого планирования³ [3–5].

² *Леонов А.В., Пронин А.Ю.* Принципы самоорганизации в разработке и реализации государственных программ // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2016. № 7. С. 36–53; *Леонов А.В., Пронин А.Ю.* Роль самоорганизации в инновационном развитии сложных технических систем // *Компетентность*. 2017. № 3. С. 4–11.

³ *Бабкин Г.В., Косенко А.А., Стифеев А.Л.* К вопросу о направлениях совершенствования механизма программно-целевого планирования развития российского оборонно-промышленного комплекса на современном этапе // *Инновации*. 2013. № 8. С. 23–30.

¹ *Экономика и финансы оборонного комплекса России: учеб. пособие.* М.: Вузовский учебник; ИНФРА-М, 2016. 360 с.

В связи с этим далее последовательно рассмотрены следующие вопросы: структура модели управления созданием ВТП и ее теоретическая основа; методология формирования научно-технического задела для создания ВТП и практический пример ее использования на этапах технологического проектирования ВТП.

Структура модели управления созданием ВТП и ее теоретическая основа

Известно, что традиционный путь создания любого технического изделия строго регламентирован и предусматривает несколько стадий разработки и реализации проектных документов (нормативных документов). Основные стадии технического проектирования предусматривают разработку и реализацию следующих нормативных документов⁴:

- техническое задание;
- техническое предложение;
- эскизный проект;
- технический проект;
- рабочая документация.

Как правило, создание ВТП предполагает реализацию следующих этапов:

- 1) проведение научно-исследовательских и экспериментальных работ (НИЭР);
- 2) разработка технического задания;
- 3) разработка технического предложения;
- 4) разработка эскизного и технического проектов;
- 5) изготовление опытных образцов и их испытания;
- 6) разработка рабочей конструкторской документации (РКД) и ее корректировка после испытаний.

Характеристика основных этапов создания ВТП (средние значения относительной

длительности этапов и объема их выполнения относительно стоимости проекта) приведены в *табл. 1*.

Из данных, приведенных в *табл. 1*, следует, что несмотря на невысокую относительную длительность этапа НИЭР, объем работ выполняемых на данном этапе сопоставим с другими затратными этапами создания ВТП, что подтверждает важность работ, направленных на формирование НТЗ для создания высокотехнологичной продукции.

Инновационный цикл создания ВТП можно представить в виде непрерывной последовательности этапов, основными из которых являются следующие [4, 7, 8]:

- базовые исследования (фундаментальные, поисковые, прикладные);
- научно-исследовательские работы (НИР), направленные на создание НТЗ;
- опытно-конструкторские работы (ОКР) по созданию новых (модернизации существующих) видов ВТП, включая испытания;
- серийное производство и поставка новых видов ВТП.

В связи с этим в интересах установления и исследования причинно-следственных связей различных этапов создания ВТП, начиная от микроуровня (новые знания, материалы, технологии) до макроуровня (функционально-технологические блоки, изделие ВТП), в данной статье создание ВТП моделируется как многоэтапный многоконтурный процесс, базирующийся на следующих принципах самоорганизации:

- множественности возможных вариантов создания ВТП на каждом этапе;
- внешнего дополнения, в соответствии с которым преобразование ВТП на каждом этапе ее создания осуществляется на основе исходных данных (вариантов ВТП), поступающих от предыдущего этапа и в соответствии с требованиями (критериями), предъявляемыми последующим этапом;

⁴ ГОСТ Р 15.000-94 Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.

– неокончательных решений, в соответствии с которым выбор оптимальной стратегии регулирования динамики создания ВТП осуществляется с достаточной свободой выбора рациональных решений на каждом этапе ее создания.

Согласно указанным принципам преобразование ВТП на каждом этапе осуществляется одновременно за счет двух разнонаправленных движущих сил самоорганизации:

- требований, предъявляемых последующим этапом к предыдущему этапу (множество требований – контур $\{S\}$);
- возможных вариантов ВТП, сформированных на каждом этапе ее создания, исходя из целей создания ВТП (множество возможных вариантов – контур $\{V\}$).

Структура модели управления созданием ВТП, построенная на основе принципов самоорганизации, приведена на *рис. 1*.

Предложенная модель управления созданием ВТП базируется на совместном использовании общенаучного принципа индукции (от частного – к общему) и принципов самоорганизации (индуктивный принцип самоорганизации). Необходимость совместного использования этих важнейших принципов обусловлена потребностью рассмотрения создания ВТП как многоэтапного процесса постепенного технологического совершенствования, когда разработка ВТП на каждом этапе осуществляется в виде серии небольших «шагов самоорганизации» с возможностью при необходимости возвращения к предыдущим этапам.

Диалектической основой индуктивного принципа самоорганизации является закон отрицания отрицания (преемственности). В контексте настоящей статьи рассматривается преемственность «нового» и «существующего» научного знания (материалов, технологий и др.), которые достаточно длительное время могут сосуществовать одновременно, дополняя друг

друга. При этом новое постепенно заменяет существующее. Ключевыми вопросами исследования здесь становятся установление количественно-качественного соотношения нового и существующего (рационального состава) и моменты времени их смены (качественного скачка).

Согласно сформулированному индуктивному принципу самоорганизации создание ВТП носит характер многоэтапного процесса постепенного технологического совершенствования. Это означает, что новые изделия ВТП следует разрабатывать по принципу приращений – так, чтобы разработчик мог использовать исходные данные и знания, полученные при разработке более ранних версий ВТП.

Практический опыт показывает, что успех в создании ВТП будет максимальным, если процесс разработки осуществляется в виде серии небольших «шагов самоорганизации», каждый из которых включает в себе четко определенный результат, основанный на внедрении совокупности зрелых технологий.

Начальные шаги этого процесса связаны с проведением фундаментальных и поисковых исследований, направленных на исследование, разработку и экспериментальную проверку путей и методов использования новых научных знаний в интересах создания ВТП. При этом имеется возможность возврата к предыдущему успешному шагу в случае неудачи: перед тем, как задействовать все ресурсы, выделенные на создание ВТП, разработчик на основе результатов лабораторных исследований и стендовых испытаний имеет возможность исправить имевшиеся просчеты и ошибки в реализуемом проекте. В ходе каждой итерации ВТП дорабатывается на основе внедрения новых научных знаний и технологий, и к ней при необходимости добавляются новые функциональные возможности. Именно достижения современной науки являются фундаментом для создания и развития ВТП в направлениях широкого внедрения элементов интеллектуализации и использования новых физических и физико-химических принципов.

Таким образом, на основании изложенного представляется возможным сформулировать следующий общий вывод: *самоорганизация в управлении созданием ВТП в конечном итоге заключается в формировании множества возможных вариантов создания ВТП и выборе из них рационального варианта с учетом многоцелевого характера, многоэтапности процесса создания ВТП и ограничений на выделяемые бюджетные средства.*

Важнейшее значение при этом приобретают работы по созданию научного и научно-технологического заделов, полноценное наличие которого является основой для создания ВТП.

Методология формирования научно-технического задела для создания ВТП

Как отмечалось ранее, одним из наиболее важных и достаточно сложных этапов инновационного цикла создания ВТП является этап формирования НТЗ. Основные составные части НТЗ для создания ВТП показаны на *рис. 2*.

Предложенные дальше основные положения методологии формирования НТЗ предназначены для использования при решении задач эффективного управления созданием ВТП в условиях риска, рационального использования имеющихся в наличии ограниченных ресурсов на начальных этапах многоконтурной модели управления созданием ВТП (см. *рис. 1*). В связи с этим приведем классические определения понятий «научный задел» и «научно-технологический задел» [1, 5, 8].

Согласно современным представлениям о программно-целевом планировании развития инновационных технологий, научный задел понимается как совокупность потенциальных инноваций (или нововведений).

Новые виды ВТП, разработанные на основе инновационных достижений, в настоящее время находятся на начальных этапах своего развития и требуют существенного технологического совершенствования, а следовательно, и существенных материальных затрат для практического применения. Именно поэтому наличие полноценного научного

задела является основой для инновационного развития перспективных видов ВТП⁵.

В связи с этим считаем целесообразным привести формализованное определение понятий «научный задел» и «научно-технологический задел».

Понятие «научный задел» для проведения прикладного исследования или технологической разработки в рамках соответствующих программ и планов создания и развития ВТП определяется как *совокупность результатов фундаментальных (ФИ), прогнозных (ПРИ) и поисковых (ПИ) исследований (ФППИ), необходимых для перехода к стадии прикладного научного исследования (ПрИ) или технологической разработки (ТР) по созданию новых технологий, материалов, веществ, элементной базы, унифицированных модулей, блоков, типовых составных частей для ВТП:*

$$НЗ = \{R_{\text{ФИ}}\} \cup \{R_{\text{ПРИ}}\} \cup \{R_{\text{ПИ}}\}, \quad (1)$$

где $\{R_{\text{ФИ}}\} = \{R_{\text{ФИ1}}, R_{\text{ФИ2}}, \dots, R_{\text{ФИК}}\}$ – множество результатов ФИ;

$\{R_{\text{ПРИ}}\} = \{R_{\text{ПРИ1}}, R_{\text{ПРИ2}}, \dots, R_{\text{ПРИL}}\}$ – множество результатов ПРИ;

$\{R_{\text{ПИ}}\} = \{R_{\text{ПИ1}}, R_{\text{ПИ2}}, \dots, R_{\text{ПИP}}\}$ – множество результатов ПИ;

$R_{\text{ФИ}i}$ – результат i -го ФИ, предшествовавшего моменту перехода к стадии ПрИ (ТР);

$R_{\text{ПРИ}j}$ – результат j -го ПРИ, предшествовавшего моменту перехода к стадии ПрИ (ТР);

$R_{\text{ПИ}l}$ – результат l -го ПИ, предшествовавшего моменту перехода к стадии ПрИ (ТР);

K – общее количество используемых в ПрИ (ТР) результатов ФИ, полученных до ее начала;

L – общее количество используемых в ПрИ (ТР) результатов ПРИ, полученных до ее начала;

⁵ *Леонов А.В., Пронин А.Ю.* Инновационно-технологические пути обеспечения обороны и безопасности Российской Федерации // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2014. № 47. С. 2–10.

P – общее количество используемых в При (ТР) результатов ПИ, полученных до ее начала.

Понятие «научно-технологический задел» для создания ВТП определено как «совокупность результатов ФППИ, При и ТР, которые необходимо получить к моменту перехода к стадии ОКР»:

$$HTex3 = \{R_{\text{При}}\} \cup \{R_{\text{ТР}}\} \cup \{R_{\text{ФППИ0}}\}, \quad (2)$$

где $\{R_{\text{При}}\}$ – множество результатов При, предшествовавших моменту перехода к стадии ОКР по созданию изделия ВТП (с учетом использования НЗ, ориентированного на создание данного изделия), используемых в данной ОКР;

$\{R_{\text{ТР}}\}$ – множество результатов ТР, предшествовавших моменту перехода к стадии ОКР по созданию изделия ВТ (с учетом использования НЗ, ориентированного на создание данного изделия), используемых в данной ОКР;

$\{R_{\text{ФППИ0}}\}$ – множество результатов ФППИ, не востребованных ранее и используемых для повышения степени зрелости технологий при выполнении данной ОКР.

Далее с использованием сформулированных понятий рассмотрены следующие положения: совокупность принципов, методов и методик технико-экономического обоснования планирования создания и реализации НТЗ; комплекс организационно-экономических мероприятий по повышению обоснованности и степени реализуемости программ и планов создания НТЗ.

Основные элементы методологии формирования научно-технического задела для создания ВТП показаны на рис. 3.

Приведем краткое содержание основных элементов данной методологии.

Метод обоснования состава приоритетных направлений ФППИ в интересах создания НТЗ. Данный метод базируется на использовании для анализа перспективных изделий ВТП, создание которых

предполагается за пределами 10-летнего программного периода, структурных функционально-технологических схем (ФТС) их «представительных образцов» (ПрО).

Согласно данному методу, потребности в ВТП определяют состав приоритетных направлений ФППИ в интересах создания НТЗ.

Данный метод предусматривает решение следующих задач:

- а) формирование перечня ПрО высокотехнологичной продукции и их декомпозицию на функциональные элементы, совокупности которых образуют ФТС «представительных образцов» ВТП;
- б) разработку перечней технологий для перспективных образцов ВТП;
- в) оценку научно-технологических возможностей решения ТТП с использованием существующего НТЗ;
- г) определение перечня приоритетных направлений ФППИ в интересах создания НТЗ.

Метод обоснования программ формирования научно задела для создания ВТП. Метод реализуется посредством следующей совокупности методик:

- а) определения оптимального состава работ для включения в проект программ и планов создания ВТП;
- б) оценки и прогнозирования уровня развития научно-технических направлений создания НТЗ по сравнению с мировым уровнем;
- в) определения объемов ассигнований на программу создания НТЗ.

Методические основы повышения эффективности использования результатов работ по созданию НТЗ. Данные методические основы включают в свой состав следующие элементы:

- а) методику оценки готовности результатов исследований к использованию в прикладных НИР;

- б) методику выбора формы правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (РИД), полученных в ходе выполнения различных программ и планов создания ВТП⁶ [9, 10];
- в) методику выявления технологических разработок двойного назначения, созданных в рамках различных научно-технологических программ, с целью осуществления их трансфера в другие сферы.

Комплекс организационно-экономических мероприятий по повышению обоснованности и степени реализуемости программ и планов создания НТЗ. Данный комплекс включает в себя следующие мероприятия:

- а) межведомственную координацию программ и планов создания научно-технического задела;
- б) организацию демонстраций результатов научных исследований и технологических разработок;
- в) разработку предложений по повышению экономической эффективности проектов по созданию ВТП в части создания элементов НТЗ;
- г) разработку предложений по внедрению венчурных механизмов финансирования НТП.

В частности, предложения по повышению экономической эффективности проектов по созданию ВТП должны предусматривать:

- ориентацию процессов планирования и реализации ФПИ, финансируемых в рамках ГОЗ, на конечный результат;

⁶ *Леонов А.В., Пронин А.Ю., Трущеников В.В.* Результаты интеллектуальной деятельности – важнейший объект программно-целевого планирования инновационно-технологического обеспечения обороны и безопасности государства // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2015. № 29. С. 28–41; *Леонов А.В., Пронин А.Ю., Трущеников В.В.* Защита результатов интеллектуальной деятельности от неправомерного использования – приоритетное направление обеспечения инновационно-технологической безопасности страны // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2015. № 40. С. 2–13.

- планирование работ по всем стадиям жизненного цикла ВТП в едином технологическом контуре;
- повышение комплексности НИР, проводимых в сфере создания и развития ВТП;
- снижение затрат бюджетных средств на проведение фундаментальных и поисковых исследований.

На основе данных предложений разрабатываются проекты нормативно-методических документов (положений), представляемых в органы управления созданием и развитием ВТП.

Таким образом, изложенная совокупность методов, методик и организационно-экономических мероприятий по повышению обоснованности и степени реализуемости программ и планов создания НТЗ направлена на практическое осуществление основных этапов модели управления созданием ВТП на основе принципов самоорганизации (см. *рис. 1*).

Следует отметить, что в соответствии с современной практикой создания ВТП представленная методология формирования НТЗ для создания ВТП является составной частью эволюционно-технологического подхода [1, 5, 8].

Сущность такого подхода к проектированию создания ВТП, как отмечалось ранее, основана на постепенном многошаговом процессе повышения уровня знаний в определенных технологических областях. Эволюционно-технологический подход предназначен для обеспечения предсказуемости и стабильности программ создания ВТП, а также снижения риска их реализации.

В связи с этим следует отметить, что в настоящее время большинством специалистов в области высоких технологий не исключается возможность революционных изменений в развитии ВТП. Однако в качестве магистрального направления, закреплённого в официальных директивных и нормативно-методических документах, все же

рассматривается эволюционный путь развития.

Принципиальная модель эволюционно-технологического процесса формирования перспективного облика ВТП показана на *рис. 4*.

К числу общих технологических принципов, реализующихся в рамках эволюционно-технологического подхода к управлению созданием НТЗ для ВТП, следует отнести следующие [1, 5, 8].

Принцип типового успешного проекта. Под типовым успешным проектом понимается условно принимаемый для целей программно-целевого планирования среднестатистический проект прикладных исследований, который по объемам финансирования, срокам и привлекаемой кооперации позволяет получить реальные и конструктивные результаты для последующего внедрения в перспективные изделия ВТП. Понятие типового проекта основывается на анализе отечественного и зарубежного опыта программно-целевого планирования научных исследований и технологических разработок. В соответствии с этим принципом априорно вводится и постулируется понятие минимально необходимого объема ассигнований для финансирования типового проекта с целью получения конструктивных результатов.

Принцип необходимости проведения полномасштабных исследований и разработок по всей совокупности направлений, содержащихся в перечнях ФППИ, и технологий, одобренных коллегией Военно-промышленной комиссии Российской Федерации.

Принцип постепенного повышения зрелости результатов и обеспечения их готовности к практическому применению путем сквозной привязки работ, связанных с созданием ВТП: от фундаментально-поисковых к прикладным и от прикладных к НИР и НИЭР по созданию макетных и экспериментальных изделий ВТП и ОКР по созданию типовых составных частей, модулей и блоков.

Принцип оценки эффективности внедрения новых технологий в перспективные изделия ВТП.

Принцип прогнозирования развития научно-технологической базы ВТП.

Принцип выделения системообразующей технологии (принцип «зерен роста»).

К числу конкретных технологических принципов создания перспективных изделий ВТП относятся:

- блочно-модульное проектирование (использование идеологии самоорганизующихся систем с открытой архитектурой);
- использование базового изделия и проектирование под прогнозируемые изменения в будущем;
- комплексирование функционально близких и взаимно дополняющих работ, исключение дублирования работ и параллельного расходования финансовых средств;
- комплексирование существующих и новых технологий, обеспечивающих совместно требуемый уровень ТТХ проектируемых изделий ВТП;
- формирование кластеров технологий, «ядром» которых являются системные, базовые и унифицированные межвидовые технологии и задания НИОКР, направленных на их создание;
- максимальное использование имеющегося научно-технического задела.

Представленные технологические принципы достаточно подробно рассмотрены в литературе, апробированы на практике и используются для технико-экономического обоснования создания ВТП [1, 5, 8].

На основании изложенного представляется возможным сформулировать следующий вывод: при практической реализации принципов самоорганизации необходимо руководствоваться следующими основными положениями:

- задание требований к проектируемым изделиям ВТП, разнесенных по временной оси;
- модульное проектирование с идеологией открытой архитектуры;

- использование базового изделия и проектирование под прогнозируемые изменения в будущем;
- максимальное использование имеющихся научно-технологического и производственно-технологического заделов («зрелых» научных знаний и производственных технологий, унифицированных модулей, блоков, типовых технических решений, материалов и веществ).

Далее приведен пример конкретного использования основных положений методологии формирования НТЗ на этапах технологического проектирования ВТП.

Пример

Технологическое проектирование в отличие от традиционного понимания проектирования как процесса, связанного с разработкой и практической реализацией нормативно-проектной документации, имеет некоторые специфические особенности.

Данные особенности заключаются во внедрении, сбалансировании и синергетическом объединении (компоновке) отдельных и различных по назначению ФТБ (подсистем, узлов, элементов) в одну конструктивно-технологическую схему – единую конструкцию.

При технологическом проектировании в качестве неизвестных параметров рассматриваются: типы и число ФТБ, уровень их технологической проработки, синергетические связи между ними для достижения требуемых значений показателей высокотехнологичной продукции.

Используя положения изложенной ранее методологии формирования НТЗ, выделим основные этапы технологического проектирования и их краткое содержание⁷ [11–13]:

⁷ Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оценка затрат на создание высокотехнологичной продукции // *Компетентность*. 2015. № 5. С. 20–27; Леонов А.В., Пронин А.Ю. Определение приоритетных направлений фундаментальных научных исследований для создания высокотехнологичной продукции // *Национальные интересы: приоритеты*

- 1) уточнение перечня и объемов задач ВТП и требований к ней;
- 2) разработка принципиальной функционально-технологической схемы ВТП, отражающей состав ее ФТБ (подсистем, узлов, элементов) и внутренних связей между ними, реализующихся в процессе применения (эксплуатации) ВТП;
- 3) формирование вариантов функционально-технологического построения и определение требуемых уровней основных показателей ВТП (на основе их анализа устанавливается рациональный состав ФТБ, которые должны быть созданы, а также объем необходимых затрат для развития новых технологий);
- 4) определение необходимости полномасштабной отработки новых технологий для каждой из подсистем, входящих в состав варианта ВТП;
- 5) оценка текущего уровня технологий, которые предполагается использовать в составе каждого варианта функционально-технологического построения ВТП;
- 6) оценка потребного уровня развития технологий, необходимого для реализации заданных показателей, применительно к каждому варианту функционально-технологического построения ВТП;
- 7) оценка потребного уровня финансирования для создания каждого варианта ВТП;
- 8) выбор рационального варианта создания ВТП.

Практическая реализация этапов технологического проектирования позволяет проводить технико-экономическую оценку вариантов совместного использования новых и традиционных технологий при создании ВТП и выбирать варианты, обеспечивающие рациональное использование бюджетных средств.

и безопасность. 2017. Т. 13. Вып. 6. С. 1004–1017; Леонов А.В. Системно-синергетическая методология технико-экономических исследований // *Компетентность*. 2012. № 3. С. 4–13.

Модель управления созданием ВТП, с использованием которой представляется возможным формализовать некоторые этапы технологического проектирования, в частности переход от сбалансированной системы требований к показателям ВТП – к конкретному составу ФТБ, представлена на рис. 5.

В данной модели в качестве движущих сил самоорганизации рассматриваются: с одной стороны, требования, предъявляемые заказчиком к уровню основных показателей ВТП, а с другой стороны – возможные варианты ВТП, сформированные на основе совместного использования новых и традиционных технологий или, другими словами, механизм интеграции новых технологий в состав существующей системы технологий.

В этом случае сущность самоорганизации состоит в том, чтобы в процессе технологического проектирования из множества возможных вариантов совместного использования новых и традиционных технологий выбрать варианты, обеспечивающие рациональное использование бюджетных средств, выделяемых на проектирование перспективных изделий ВТП.

Общая постановка задачи управления технологическим проектированием заключается в следующем.

Известно множество J типов ФТБ, а также число блоков каждого типа z_j ($j \in J$, z – целое число). Каждый ФТБ z_j -го типа обладает присущими только ему определенными свойствами (параметрами) $x_{ij} = x_i(z_j)$, $i \in I$, $j \in J$. В то же время существуют параметры (например, массо-габаритные, энергопотребление), присущие каждому блоку.

Результат взаимодействия ФТБ проявляется в виде свойств ВТП, которые описываются функциональными зависимостями следующего вида:

$$\Phi_r = \Phi_r[x_{ij}(z_j)], r = 1, 2, \dots, R. \quad (3)$$

Из множества показателей ВТП важнейшими являются те, которые характеризуют эффективность ее использования (применения по функциональному назначению):

$$W_l = W_l[x_{ij}(z_j)], l = 1, 2, \dots, L, \quad (4)$$

где $W_l[x_{ij}(z_j)]$ – показатель эффективности решения l -й функциональной задачи.

Приведенное условие (4) позволяет судить о предпочтительности того или иного варианта функционально-технологического построения продукции.

На параметры и показатели ФТБ накладываются следующие ограничения:

$$\alpha_{iH} \leq x_{ij}(z_j) \leq \alpha_{iB}, i \in I, j \in J, \quad (5)$$

$$\beta_{rH} \leq \Phi_r[x_{ij}(z_j)] \leq \beta_{rB}, i \in I, j \in J, \quad (6)$$

где α_{iH} , α_{iB} – допустимые нижняя и верхняя границы изменения значения параметра, соответственно (параметрические ограничения); β_{rH} , β_{rB} – допустимые нижняя и верхняя границы изменения значения показателя соответственно (функциональные ограничения).

Полные затраты на проектирование ВТП в общем виде можно записать в следующем виде:

$$C = \sum_j C(z_j) + C_{\text{компл}}, j \in J, z - \text{целое}, (7)$$

где $C(z_j)$ – затраты на создание ФТБ z_j -го типа; $C_{\text{компл}}$ – затраты на комплексирование ФТБ блоков в составе ВТП.

Выражение (7) учитывает все необходимые компоненты затрат и отражает специфику ВТП – прежде всего зависимость ее основных показателей от состава и порядка взаимодействия ФТБ z_j с учетом их свойств x_{ij} , что обеспечивает появление между ними устойчивых связей в виде структуры изделия ВТП по r -му показателю. Это означает, что изделие ВТП может характеризоваться

различными структурами, ориентированными на тот или иной показатель. При проектировании ВТП к функционально-технологическим блокам предъявляются дополнительные требования, в частности: по стандартизации и унификации ФТБ и их элементов; по условиям целесообразности использования заимствованных элементов аналогичного или другого функционального предназначения.

Также должны учитываться требования, предъявляемые к ФТБ со стороны системообразующих блоков, определяющих его принципиальную физико-техническую новизну. Кроме того, в процессе технологического проектирования должны учитываться требования со стороны вышестоящей системы, в которой проектируемая продукция рассматривается как неотъемлемая составная часть.

Задача определения рационального состава ФТБ проектируемой продукции может быть сформулирована с использованием комплексного критерия «эффективность – затраты – реализуемость», принятого в современной методологии технико-экономических исследований⁸. В этом случае задача определения рационального состава ФТБ формулируется в трех вариантах.

1. *Минимизация затрат.* Требуется найти такие значения $z_j^0 \geq 0$, при которых полные затраты на проектирование ВТП минимальны, то есть $C(z) \rightarrow \min$ при следующих условиях:

а) эффективность решения l -й задачи должна быть не меньше заданных (требуемых) уровней $W_l [x_{ij}; (z_j)] \geq W_l^0$ ($l = 1, 2, \dots, L$);

б) сроки создания ВТП должны быть меньше заданных значений $T \leq T_{\text{зад}}$.

2. *Максимизация эффективности.* Критерий оптимизации формируется оператором свертки K из показателей W_l , при этом учитываются требования к ВТП со стороны вышестоящей системы в виде требуемых

значений эффективности W_l^0 . Оператор K максимизируется: $K(W_l, W_l^0) \rightarrow \max$ при заданном уровне затрат на создание ВТП $C(z) \leq C_{\text{зад}}$ и сроков ее создания $T \leq T_{\text{зад}}$.

3. *Оптимизация временных сроков создания ВТП.* При заданных (выделенных) объемах затрат $C(z) \leq C_{\text{зад}}$ на проектирование ВТП определяются ее оптимальные параметры и сроки полномасштабной отработки основных (базовых) технологий: $W_l \rightarrow \text{opt}$, $T \rightarrow \text{opt}$.

Таким образом, задача управления созданием ВТП, решением которой является рациональный состав ФТБ, становится по своей сути многовариантной задачей. Решение задачи в любом варианте ее формулировки позволяет получить рациональное число z_j^0 ; ФТБ j -го типа в проектируемой ВТП.

Приведенные постановки задачи определения рационального состава ФТБ позволяют более полно и корректно учитывать межуровневые иерархические технологические связи, возникающие между различными ФТБ, с учетом степени их технологической отработки, а также реализовать ряд важнейших технологических принципов создания перспективных изделий ВТП, изложенных ранее. Использование данных принципов позволит обеспечить:

- рациональное использование ресурсов, планируемых на разработку ВТП;
- исключение дублирования в планируемых работах;
- снижение доли неэффективно израсходованных средств;
- возможности для использования методов стандартизации и унификации (в том числе за счет формирования единого перечня унифицированных блоков, модулей, узлов и элементной базы при создании перспективных изделий ВТП), что создает предпосылки для повышения эффективности применения, эксплуатации и ремонта высокотехнологичной продукции.

⁸ Леонов А.В. Системно-синергетическая методология технико-экономических исследований // Компетентность. 2012. № 3. С. 4–13.

Таким образом, методология формирования научно-технического задела как часть эволюционно-технологического подхода на современном этапе создания и развития ВТП приобретает еще один важный синергетический смысл, заключающийся в интеграции новых (перспективных) и традиционных (существующих) технологий при создании ВТП, обеспечивающих приращение эффективности и качества ВТП или снижение затрат на их создание.

Заключение

Предложенная методология формирования НТЗ может быть использована в

определенных технологических областях для обеспечения предсказуемости и стабильности программ создания ВТП, а также снижения риска при их реализации.

Полученные результаты целесообразно реализовать по следующим направлениям повышения эффективности использования средств федерального бюджета: выбор оптимальной стратегии управления развитием ВТП; развитие высокотехнологичной продукции в рамках государственных и федеральных целевых программ; применение для повышения эффективности использования средств федерального бюджета в современных организационно-экономических механизмах.

Таблица 1

Характеристика основных этапов создания высокотехнологичной продукции

Table 1

Characteristics of principal stages of high-tech production

Основные этапы	Характеристика этапа	
	Относительная длительность	Объем выполнения проекта
Этап 1. НИЭР	0,05...0,07	0,12...0,15
Этап 2. Эскизный проект	0,10...0,12	0,15...0,22
Этап 3. Технический проект	0,60...0,7	0,30...0,35
Этап 4. Изготовление опытных образцов	0,70...0,76	0,30...0,35
Этап 5. Разработка РКД	0,03...0,05	0,05...0,07

Источник: [6]

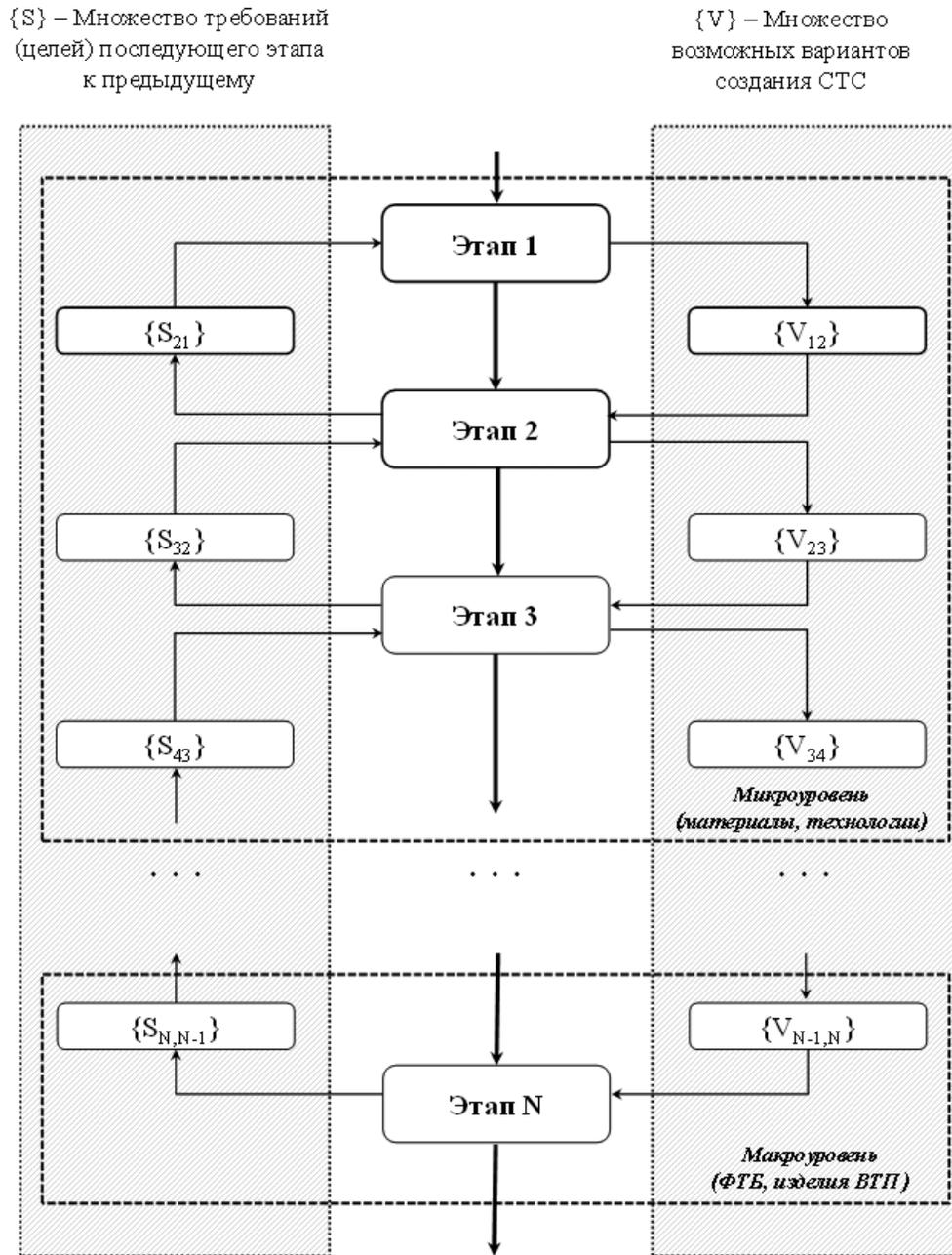
Source: [6]

Рисунок 1

Структура модели управления созданием ВТП на основе принципов самоорганизации

Figure 1

The structure of the model for managing S&T knowledge generation through self-organization principles



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 2
Основные составные части научно-технического задела

Figure 2
Principal components of S&T knowledge



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3

Основные элементы методологии формирования научно-технического задела для создания ВТП

Figure 3

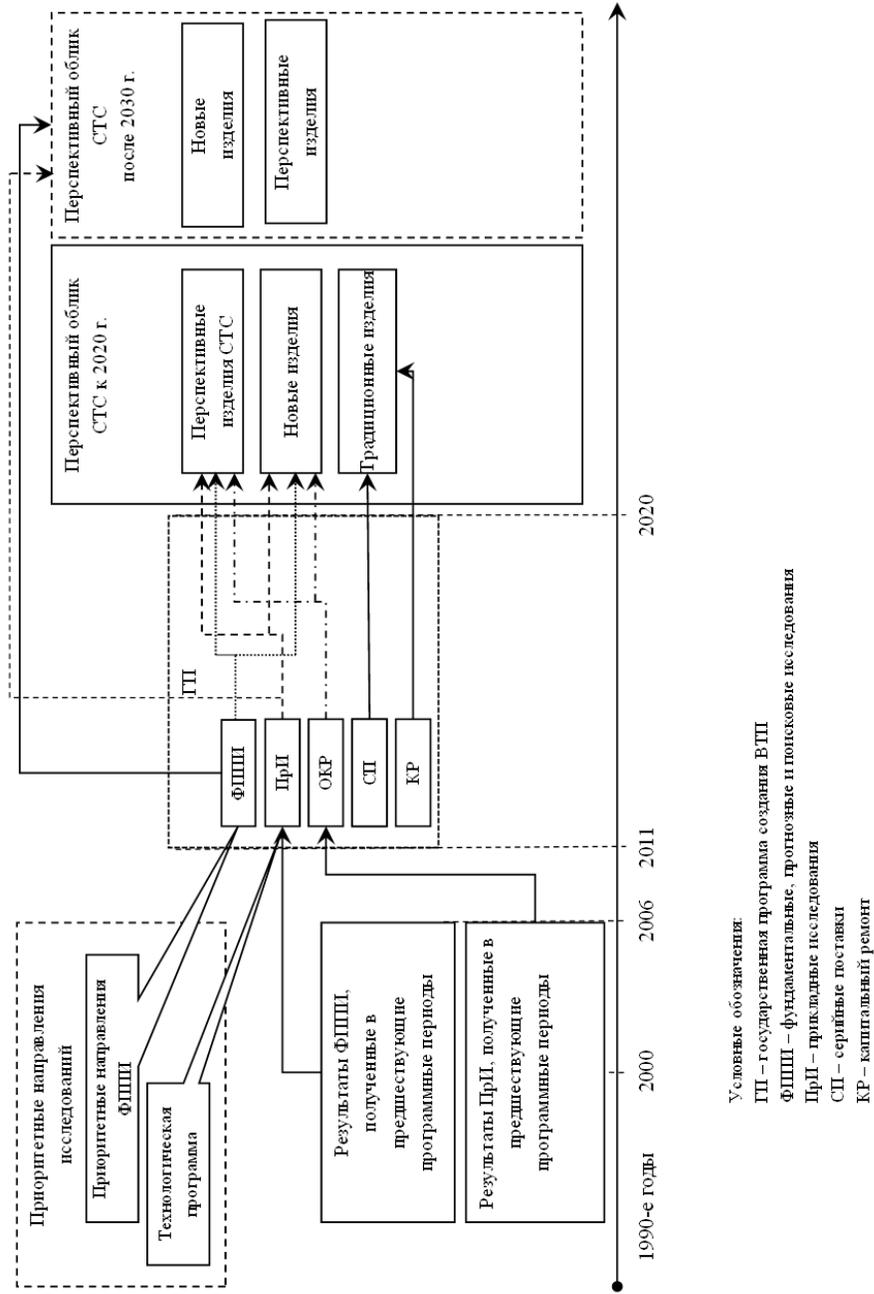
Principal components of the S&T knowledge generation methodology for high-tech production



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4
Принципиальная модель эволюционно-технологического процесса формирования перспективного облика ВТП
Figure 4
The conceptual model for evolutionary and technological design of the high-tech production image



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5
Модель управления технологическим проектированием ВТП

Figure 5
The model for managing the technological design of the high-tech production



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Купол, 2009. 624 с.
2. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Граница, 2012. 424 с.
3. Буренок В.М. Эволюция и перспективы программно-целевого планирования развития системы вооружения Российской Федерации // Вооружение и экономика. 2012. № 4. С. 6–19. URL: <http://www.viek.ru/20/6-19.pdf>
4. Батьковский А.М., Фомина А.В., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Совершенствование управления оборонно-промышленным комплексом: монография. М.: ОнтоПринт, 2016. 472 с.
5. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. М.: Граница, 2007. 408 с.
6. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники. М.: Граница, 2015. 304 с.

7. Leonov A. V., Pronin A.Yu. et al. Models of Economic Evaluation of High-Tech Products // *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9. Iss. 28. P. 230–241.
URL: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i28/97660>
8. Буренок В.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Военно-экономические и инновационные аспекты интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения. М.: Граница, 2014. 240 с.
9. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Роль результатов интеллектуальной деятельности в обеспечении национальной безопасности страны // *Вопросы радиоэлектроники*. 2016. № 2. С. 122–132.
10. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Макроэкономическая оценка результатов интеллектуальной деятельности, реализованных в продукции специального назначения // *Радиопромышленность*. 2016. № 2. С. 93–103.
URL: <https://doi.org/10.21778/2413-9599-2016-2-93-103>
11. Батьковский А.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. и др. Роль научных достижений в создании высокотехнологичной продукции // *Вопросы радиоэлектроники*. 2017. № 4. С. 102–112.
12. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Оценка затрат на создание высокотехнологичной продукции // *Компетентность*. 2015. № 6. С. 32–37.
13. Леонов А.В., Пронин А.Ю., Семериков Н.В. Техничко-экономическая оценка эффективности совместного использования новых и традиционных технологий при проектировании наукоемкой продукции двойного назначения // *Двойные технологии*. 2015. № 2. С. 38–45.

Информация о конфликте интересов

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

THE METHODOLOGY FOR MANAGING HIGH-TECH PRODUCTION DURING THE FORMATION OF SCIENCE AND TECHNOLOGY KNOWLEDGE RESOURCES

Aleksandr V. LEONOV^a, Aleksei Yu. PRONIN^{b,*}

^a 46th Central Research Institute of Ministry of Defense of Russian Federation, Moscow, Russian Federation
alex.clein51@yandex.ru
orcid.org/not available

^b 46th Central Research Institute of Ministry of Defense of Russian Federation, Moscow, Russian Federation
pronin46@bk.ru
orcid.org/not available

• Corresponding author

Article history:

Received 6 December 2017
Received in revised form
17 December 2017
Accepted 29 December 2017
Available online
15 February 2018

JEL classification: G18, G28,
H11, O21

Keywords: high-tech product,
methodology, management,
S&T development, S&T
resource, self-organization

Abstract

Importance The article focuses on the creation of models to conduct a feasibility study of a possible usage of new and traditional technologies, and evaluate whether research, designing and experimental work is possible during the given period of time, especially under the risk.

Objectives We devise a methodology for managing high-tech production throughout stages of S&T resource generation, and demonstrate its use in practice.

Methods The research relies upon an inductive framework of the self-organization principle. It is based on a simultaneous application of the induction and self-organization principles. Drawing upon this principle, we form a model for managing high-tech production.

Results We formulate the methodology for managing high-tech production throughout stages of S&T resource generation. It rests upon the inductive principle of the self-organization and multicircuit model. We present the structure and key components of the methodology and give a practical example of its use throughout stages of technological design of high-tech products.

Conclusions and Relevance The proposed methodology can be used in certain technological areas so as to ensure the predictability and stability of high-tech production programs, and mitigate their implementation risk. The findings can be useful to outline and implement long-term programs for complex technological and technical systems development. They also can serve to determine the way of ensuring the sustainable development of the systems for socio-economic development of the country, defense and national security of the Russian Federation.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2017

Please cite this article as: Leonov A.V., Pronin A.Yu. The Methodology for Managing High-Tech Production During the Formation of Science and Technology Knowledge Resources. *National Interests: Priorities and Security*, 2018, vol. 14, iss. 2, pp. 200–220.
<https://doi.org/10.24891/ni.14.2.200>

References

1. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. *Razvitie voennykh tekhnologii XXI veka: problemy, planirovanie, realizatsiya* [The development of military technologies in the 21st century: Issues, planning, implementation]. Tver, Kupol Publ., 2009, 624 p.
2. Burenok V.M., Lavrinov G.A., Podol'skii A.G. *Otsenka stoimostnykh pokazatelei vysokotekhnologichnoi produktsii* [Estimation of cost indicators of high-tech products]. Moscow, Granitsa Publ., 2012, 424 p.

3. Burenok V.M. [Evolution and prospects of performance-based planning of the Russian armament system development]. *Vooruzhenie i ekonomika*, 2012, no. 4, pp. 6–19. (In Russ.)
URL: <http://www.viek.ru/20/6-19.pdf>
4. Bat'kovskii A.M., Fomina A.V., Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. *Sovershenstvovanie upravleniya oboronno-promyshlennym kompleksom: monografiya* [Improving the management of the military-industrial complex: a monograph]. Moscow, OntoPrint Publ., 2016, 472 p.
5. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. *Programmno-tselevoe planirovanie i upravlenie sozdaniem nauchno-tekhnicheskogo zadela dlya perspektivnogo i netraditsionnogo vooruzheniya* [Performance-based planning and management of the S&T resource generation for advanced and unconventional armament]. Moscow, Granitsa Publ., 2007, 408 p.
6. Buravlev A.I., P'yankov A.A. *Upravlenie tekhnicheskim obespecheniem zhiznennogo tsikla vooruzheniya i voennoi tekhniki: monografiya* [Maintenance management of weapon and military equipment lifecycle: a monograph]. Moscow, Granitsa Publ., 2015, 304 p.
7. Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. Models of Economic Evaluation of High-Tech Products. *Indian Journal of Science and Technology*, 2016, vol. 9, iss. 28, pp. 230–241.
URL: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i28/97660>
8. Burenok V.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. *Voенно-ekonomicheskie i innovatsionnye aspekty integratsii netraditsionnykh vidov oruzhiya v sostav sistemy vooruzheniya* [Military-economic and innovative aspects of the integration of non-conventional weapons in armament systems]. Moscow, Granitsa Publ., 2014, 240 p.
9. Bat'kovskii A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. [The role of intellectual activity results in ensuring the national security of the country]. *Voprosy radioelektroniki = Questions of Radio-electronics*, 2016, no. 2, pp. 122–132. (In Russ.)
10. Bat'kovskii A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. [Macroeconomic evaluation of the results of intellectual activity, implemented in the production of special purpose]. *Radiopromyshlennost' = Radio Industry*, 2016, no. 2, pp. 93–103.
URL: <https://doi.org/10.21778/2413-9599-2016-2-93-103> (In Russ.)
11. Bat'kovskii A.M., Leonov A.V., Pronin A.Yu. et al. [The role of scientific achievements in the creation of high-tech products]. *Voprosy radioelektroniki = Questions of Radio-electronics*, 2017, no. 4, pp. 102–112. (In Russ.)
12. Leonov A.V., Pronin A.Yu. [Estimated costs for creation of high-tech products]. *Kompetentnost' = Competence*, 2015, no. 5, pp. 20–27. (In Russ.)
13. Leonov A.V., Pronin A.Yu., Semerikov N.V. [Technical and economic evaluation of the effectiveness of the joint use of new and traditional technologies in the design of high-tech dual use items]. *Dvoynye tekhnologii = Dual Technologies*, 2015, no. 2, pp. 38–45. (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.