

© Леонов А.В., Семериков Н.В.
Leonov A., Semerikov N.

ОБЩАЯ МЕТОДИКА КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

THE GENERAL TECHNIQUE OF CONCEPTUAL DESIGNING OF HIGH TECHNOLOGY PRODUCTION OF DOUBLE APPOINTMENT

Аннотация. В статье изложены основные положения общей методики концептуального проектирования наукоемкой продукции двойного назначения, при создании которой могут быть совместно использованы как традиционные, так и новые технологические решения, в том числе военного и гражданского назначения. В основу методики положены синергетические принципы, использование которых позволит преодолеть недостаточность традиционной методической схемы технического проектирования и усовершенствовать ее.

Annotation. The substantive provisions of general methodology of conceptual design of high technology products of double-duty are expounded in this article, at creation of which both traditional and new technological decisions can be jointly used, including military and civil setting. Synergetics principles the use of which will allow to overcome insufficiency of traditional methodical chart of the technical planning and perfect it are fixed in basis of methodology.

Ключевые слова. Концептуальное проектирование, синергетические принципы, технология, научно-технологическое и технологическое проектирование, функционально-технологические блоки, технологический кластер.

Key words. Conceptual designing, synergetics principles, technology, scientific and technical and technological designing, is functional-technological blocks, technological cluster.

Президент Российской Федерации, выступая с Посланием к Федеральному собранию 30 ноября 2010 г., указал на то, что развитие России невозможно без эффективного обеспечения национальной безопасности и обороны, что в свою очередь требует проведения модернизации Вооружённых сил. При этом процесс модернизации может быть произведен только за счет применения новейших технологий двойного назначения.

Применение технологий двойного назначения в данном Послании имелось в виду как использование технологий военного назначения в гражданской сфере, так и поиск технологий гражданского назначения для использования в военной сфере. Т.е. Президентом РФ было предложено 4 технологических направления:

- первое направление – из совокупности военных технологий осуществляется поиск технологий для перевода в гражданскую сферу;
- второе направление – при проектировании военных технологий закладывается возможность использова-

ния в гражданской сфере;

- третье направление - из совокупности гражданских технологий осуществляется поиск технологий для перевода в военную сферу;
- четвертое направление - при проектировании гражданских технологий закладывается возможность использования в военной сфере.

Примером практической реализации первого и второго направления может служить использование атомной энергии в мирных целях или применение ракетносителей для вывода в космос космических аппаратов гражданского и военного назначения.

Примером третьего и четвертого направления является изобретение в 1847 г. технологии изготовления нитроглицерина, позволившей создать в 1867 г. динамит, который первоначально нашел применение в горном деле и строительстве, а уже впоследствии для ведения военных действий. Данный подход активно использовался в СССР, когда многие предприятия советской промыш-

Леонов Александр Васильевич – доктор экономических наук, ведущий научный сотрудник ФГУ «46 ЦНИИ МО РФ»;
Семериков Николай Владимирович – начальник лаборатории ФГУ «46 ЦНИИ МО РФ», тел. 543-36-76.

Alexander Vasilevich Leonov – the doctor of economics, the leading research assistant FPO “46 CSRI The Ministry of Defense of Russia”;
Nikolay Vladimirovich Semerikov – head of laboratory FPO “46 CSRI The Ministry of Defense of Russia”.

ленности в случае проведения мобилизации в кратчайший срок могли перейти на выпуск продукции военного назначения, но практически был забыт в современной российской истории.

Другими словами, сегодня необходимо создавать унифицированные технологии, которые позволят сократить расходы не только в области обороны и безопасности государства, но и в других областях функционирования государства, а кроме того, поднять качество отечественной продукции (в том числе военной) на новый конкурентоспособный уровень. Соответственно, возможность трансфера (перехода) технологий из одной сферы в другую должна закладываться уже на этапе проектирования, что требует создания нового методического аппарата проектирования наукоемкой продукции двойного назначения¹, при разработке которой могут быть совместно использованы как традиционные, так и новые технологические решения гражданского и военного назначения. В основу данной методики должны быть заложены современные синергетические принципы и инструменты [1], использование которых позволит преодолеть недостаточность традиционной методической схемы технического проектирования и усовершенствовать ее.

Традиционный путь создания любого технического средства (системы) строго регламентирован и предусматривает несколько стадий разработки и реализации проектных документов (нормативная документация). Например, основными этапами традиционной схемы технического проектирования продукции являются разработка и реализация следующих этапов [2]:

- технического задания (ТЗ) (устанавливает уровни тактико-технических требований (ТТТ) к проектируемой системе и ее элементам);
- технического предложения (содержит технико-экономическое обоснование возможности создания системы, как результат оценки сбалансированности ТТТ, с имеющимися технологическими и производственными возможностями);
- эскизного проекта (включает основные проектные решения и их экономическое обоснование);
- технического проекта (дальнейшая детализация эскизного проекта, в ходе которого определяется окончательный облик, технические и стоимостные характеристики);
- рабочей документации (позволяет приступить к изготовлению продукции военного или гражданского на-

значения).

Процессы формирования концептуального замысла системы и ее технического проектирования обычно методически отделены друг от друга.

Главными отличительными особенностями, связанными с проектированием наукоемкой продукции, являются:

- уникальность разработки важнейших технологий, высокая степень технического риска, отсутствие прототипов (изделий-аналогов), сравнительно неустойчивый уровень развития необходимой технологической базы;
- универсальный характер большинства используемых технологий, имеющих перспективы двойного (военного (специального) и гражданского) применения;
- необходимость анализа значительного числа возможных вариантов технологической реализации отдельных функциональных блоков (подсистем, узлов, элементов) для достижения требуемых уровней тактико-технических характеристик (ТТХ) и их технико-экономическая оценка с учетом возможности совместного использования традиционных и новых технологий.

Основными условиями разработки наукоемкой продукции являются наличие развитой научно-исследовательской, лабораторной, производственной, экспериментальной и испытательной базы. Зачастую требуемые условия носят уникальный и неповторимый характер, создание которых требует выделения значительных ресурсов (материальных, финансовых, информационных и др.), от эффективного использования которых во многом зависит успешность и своевременность создания наукоемкой продукции.

Для наукоемкой продукции процесс проектирования начинается практически с «нулевой точки отсчета» и предполагает создание макетного, а затем экспериментального и опытного образцов. При этом научные исследования и технологические разработки предусматривают более широкий спектр работ, начиная от обоснования концептуальных основ до создания конкретных функционально-технологических решений. Проектирование же традиционных видов продукции проводится, как правило, на основе совершенствования уже существующих принципов действия или внедрения в существующие образцы совокупности новых технологий и материалов (модернизация).

Учет вышеназванных аспектов создания наукоемкой продукции в настоящее время недостаточно обеспе-

¹Под наукоемкой продукцией двойного назначения понимается продукция материального производства, в себестоимости которой значительную долю составляют затраты интеллектуального труда и использование которой возможно как в гражданской, так и в военной сферах при условии модификации или без нее.

чивается применяемыми традиционными методами и способами технического проектирования. Таким образом, потребовалось обособить процесс проектирования наукоемкой продукции в отдельный вид проектирования - концептуальное проектирование.

Целью концептуального проектирования является разработка технических и организационных решений, направленных на достижение максимальной эффективности создания наукоемкой продукции на основе заданных заказчиком ограничений на финансовые и другие ресурсы и с учетом требований, предъявляемых к ней в нормативных документах.

Основной объем задач концептуального проектирования решается на ранних стадиях разработки продукции: при анализе ТЗ, выработке технического предложения и эскизном проектировании. Иными словами, тогда, когда определяется облик будущего изделия. Однако и в дальнейшем, на этапах испытаний, постановки на производство разработчики сталкиваются со сложными техническими проблемами.

Место и объем концептуального проектирования, как отдельной поисковой процедуры, представлен на рис. 1.

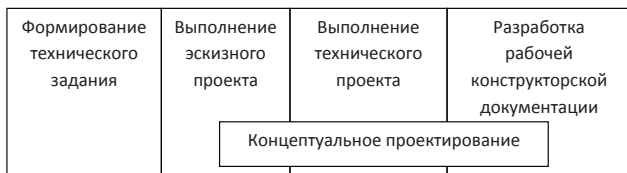


Рис. 1. Место и объем концептуального проектирования при создании наукоемкой продукции

Отметим также, что особой актуальностью обладает концептуальное проектирование создания наукоемкой продукции в аспекте обеспечения ее инновационного развития.

На рис. 2 представлены основные виды и этапы проектирования.

Основной целью функционально-технологического проектирования является синтез вариантов проектируемой продукции, связанный с решением следующих ключевых задач:

- обоснования потребных уровней ТТХ продукции для решения возложенных на нее задач в составе функциональной системы более высокого уровня (научно-техническое проектирование);
- обоснования рациональной совокупности функционально-технологических блоков (ФТБ), обеспечивающих требуемые уровни ТТХ проектируемой продукции (технологическое проектирование).

Результаты функционально-технологического проектирования поступают на уровень функциональной системы, где в случае необходимости принимаются оперативные решения по корректировке требований к качественно-количественному составу продукции, связанные с уточнением перечня и объемов задач, объемов финансовых ресурсов на развитие технологий, времени, необходимого для создания продукции (функционально-целевое проектирование).

Заметим, что разделение единого процесса концептуального проектирования на отдельные составные части достаточно условное и вызвано исключительно потребностью их детального рассмотрения. Основ-

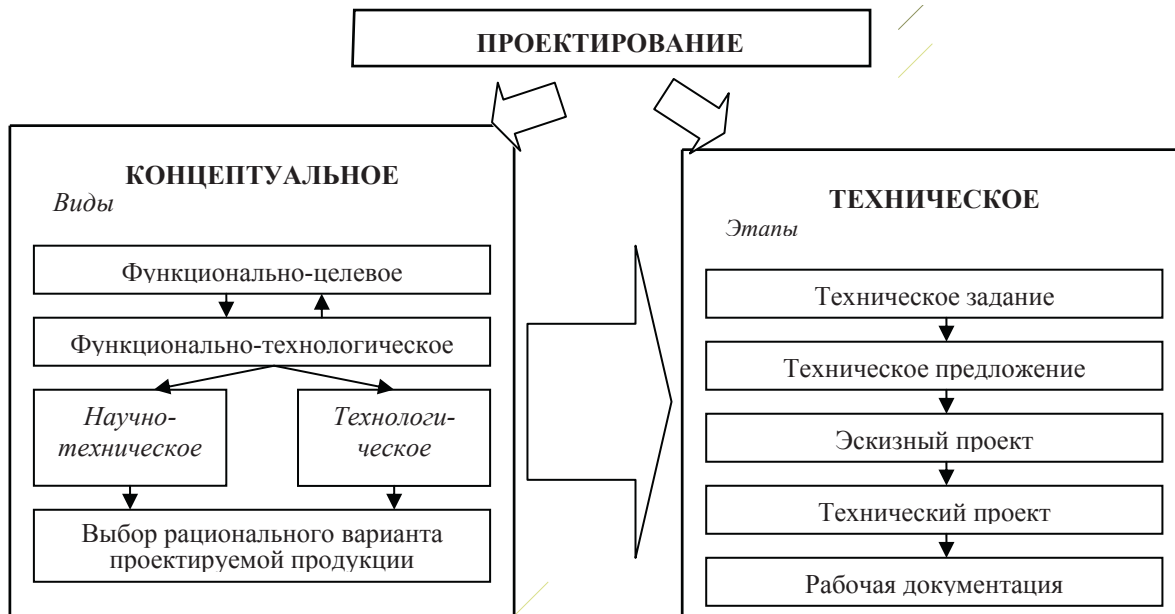


Рис. 2. Виды и этапы проектирования наукоемкой продукции

ные этапы и алгоритм концептуального проектирования представлены на рис. 3.

математическое моделирование этапов концептуального проектирования наукоемкой продукции гражданского назна-



Рис. 3. Алгоритм концептуального проектирования

Формализация этапов концептуального проектирования в целом имеет некоторые специфические особенности.

Остановимся подробнее на этапах научно-технического и технологического проектирования. По своему содержанию эти этапы имеют много общего, в частности, связи между элементами, как показано в работе [3], могут отображаться подобными математическими выражениями. Однако существенное различие между названными этапами проявляется при конкретном моделировании межэлементных связей проектируемой продукции, например, между отдельными ТТХ (на этапе научно-технического проектирования) или параметрами функционально-технологических блоков (на этапе технологического проектирования).

Данная методологическая закономерность, приобретающая экономико-синергетический смысл, послужила предпосылкой для разработки *общей методики концептуального проектирования*, использование которой позволяет формализовать стадии замысла, проводить мате-

чения с возможностью перевода в военную сферу.

В то же время существенное различие в конечных определяемых результатах решения задач научно-технического и технологического проектирования послужило основанием для выделения этих задач в две различные группы.

Научно-техническое проектирование. Содержание методической схемы научно-технического проектирования представлено на рис. 4.

Приняты следующие обозначения:

X_{BT}, X_T – множества технических и технических требований;

$\alpha_{н}, \alpha_{в}$ – допустимые нижняя и верхняя границы изменения значения характеристики x ;

$\beta_{н}, \beta_{в}$ – нижняя и верхняя границы допустимых изменений значения параметра, который в общем случае описывается функцией $\Phi_r(X)$;

$\Phi_r^*(X)$ – критерии (показатели), относительно которых осуществляется сбалансирование вектора характеристик (наиболее существенные с технологической точ-

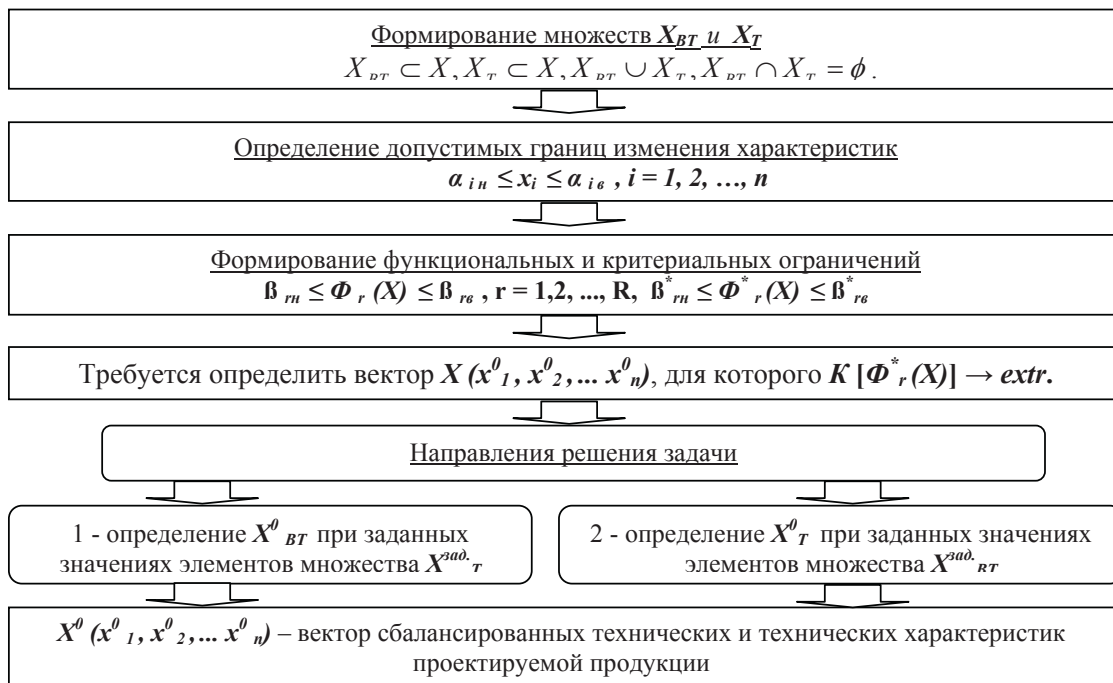


Рис. 4. Методическая схема научно-технического проектирования

ки зрения показателя);

K – оператор (правило, порядок) совмещения в одной функции различных критериев $\Phi_r^*(X)$ (например, свертка критериев, выбор основного критерия, последовательное сбалансирование каждого из критериев и т.д.).

Решение задачи основано на использовании понятия «множество Парето»: критерии $\Phi_r^*(X)$ определяют пространство, в котором точка $X^{(1)}$ из множества X будет лучше точки $X^{(2)}$, если $\Phi_r^*(X^{(1)}) \geq \Phi_r^*(X^{(2)})$ для всех r , что означает, что точка $X^{(1)}$ предпочтительнее точки $X^{(2)}$. Перебор последующих точек $X^{(3)}, X^{(4)} \dots$ сужает область эффективных решений. Поскольку решение Парето не является единственным, то возникает задача выбора одного из них. Неформальные соображения, связанные с ролью и местом создаваемой продукции в функциональных системах высшего уровня, позволяют отбирать приемлемое число вариантов проектируемой продукции, отвечающих предъявляемым к ним требованиям и обладающих требуемой эффективностью. Главной отличительной особенностью научно-технического проектирования является сбалансирование ТТХ продукции с учетом требований, предъявляемых со стороны функциональной системы к ее конкретным элементам. Данное положение является принципиальной особенностью этого вида проектирования.

Технологическое проектирование. Установленные на предыдущем этапе проектирования требуемые значения вектора ТТХ $X^0(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ являются необходимой основой для технологического проектирования. Задача технологического проектирования отличается от задачи

научно-технического проектирования только неизвестными, которые необходимо определить. На данном этапе такими неизвестными являются состав ФТБ в проектируемой продукции с ее оптимальными параметрами (типаж, число блоков, уровень технологической проработки, синергетические связи и др.) для достижения требуемых значений ТТХ продукции. Построение ФТБ может быть как на основе традиционных, так и новых (прорывных) технологий. Процесс технологического проектирования, в отличие от традиционного понимания проектирования, как процесса, связанного с разработкой и практической реализацией нормативно-проектной документации, имеет некоторые специфические особенности, которые заключаются во внедрении, сбалансировании и синергетическом объединении различных по назначению функционально-технологических блоков в единую конструктивно-технологическую схему (технологический кластер). В данном контексте представляется необходимым раскрыть некоторые важные аспекты, связанные с самим понятием «технология» и уровнями ее «овеществления» или материализации (таблица).

Технологии I и II уровня являются основой для создания технологий следующего уровня. На III и IV уровнях овеществления под технологиями понимаются конкретные подсистемы, которые в данной статье идентифицированы как функционально-технологические блоки. Причем важнейшие технологии, на основе которых объединяются все другие необходимые технологии в единый технологический кластер, определены как *си-*

Уровни «овеществления» технологий [4]

| Уровень «овеществления» технологии | Содержание понятия «технология» на каждом уровне |
|------------------------------------|---|
| I уровень | Научные знания о явлениях, физико-химических эффектах, законах и закономерностях, имеющих оборонное и промышленное значение |
| | Прогнозы в области геополитики и экономики |
| | Прогнозы развития форм, способов и средств ведения вооруженной борьбы, научно-технических прорывов, потребностей для обеспечения задач обороны и безопасности государства |
| II уровень | Новые принципы создания продукции и технологий, материалов с принципиально новыми свойствами, новых химических соединений, методов анализа, синтеза и моделирования |
| | Аванпроекты, тактико-технические (технические) задания на НИОКР |
| | Проекты концептуальных, нормативно-технических, методических и других документов в области обороны и обеспечения безопасности |
| III уровень | Технологии военного, специального и двойного назначения |
| IV уровень | Элементная база, составные части образцов продукции, модули и блоки |
| | Новые (усовершенствованные) материалы и вещества |
| | Алгоритмы и программы для ЭВМ |
| V уровень | Экспериментальные и макетные образцы ВВТ |
| | Лабораторное, технологическое и испытательное оборудование |

нергетические технологии¹.

Использование синергетических принципов при проектировании является предпосылкой для повышения эффективности продукции; снижения затрат и сроков ее создания, повышения эффективности мероприятий по техническому обеспечению (снабжение, эксплуатация, ремонт и др.) и снижения затрат на их проведение.

В сложившейся практике проектирования потребные функционально-технологические блоки выбираются двумя способами: либо из множества существующих блоков, т.е. уже достаточно хорошо отработанных и используемых в конструктивно-технологических схемах других видов продукции; либо возникает необходимость полномасштабной отработки новых технологий. Как правило, множество отработанных технологий является достаточно представительным и мощным, в отличие от множества ФТБ, построенных на новых технологиях, непосредственно определяющих в конечном итоге функциональные возможности и облик проектируемой продукции. Как правило, эти технологии являются объектом формирующейся научно-технологической базы. Задача выбора целесообразных ФТБ сводится к выбору их из множества возможных. Для решения данной задачи предлагается специальная методическая схема (рис. 5), позволяющая формализовать переход от оптимального сочетания ТТХ (точка X^0) к конкретному составу функционально-технологических блоков проектируемой продукции.

Приведенное на рис.5 формализованное пред-

ставление технологического проектирования отражает, прежде всего, зависимость основных ТТХ проектируемой продукции от состава и порядка взаимодействия ФТБ z_j с учетом их свойств x_{ij} , что обеспечивает появление между ними устойчивых связей в виде структуры (технологического кластера) по r -му показателю. Это означает, что проектируемая продукция может характеризоваться различными структурами, ориентированными на тот или иной показатель. Несмотря на то, что система ограничивающих условий для научно-технического и технологического проектирования имеют одинаковую форму, содержание их различно. Это обусловлено, во-первых, дополнительными требованиями, предъявляемыми к ФТБ, в частности: по стандартизации и унификации ФТБ и их элементов; по условиям целесообразности использования в проектируемой продукции ФТБ, заимствованных элементов аналогичного или другого функционального предназначения. Также должны учитываться требования, предъявляемые к ФТБ проектируемой продукции со стороны системообразующих (синергетических) блоков, определяющих его принципиальную физико-техническую новизну. Кроме того, в процессе технологического проектирования должны учитываться требования со стороны функциональной системы, в которой проектируемая продукция рассматривается как неотъемлемая составная часть.

Направления решения задачи технологического проектирования сформулированы с использова-

¹ Синергетическая (системообразующая) технология объединяет все другие технологии в составе проектируемого комплекса в единое целое (технологический кластер) в соответствии с синергетическими принципами «параметр порядка» и «принцип подчинения» [1].

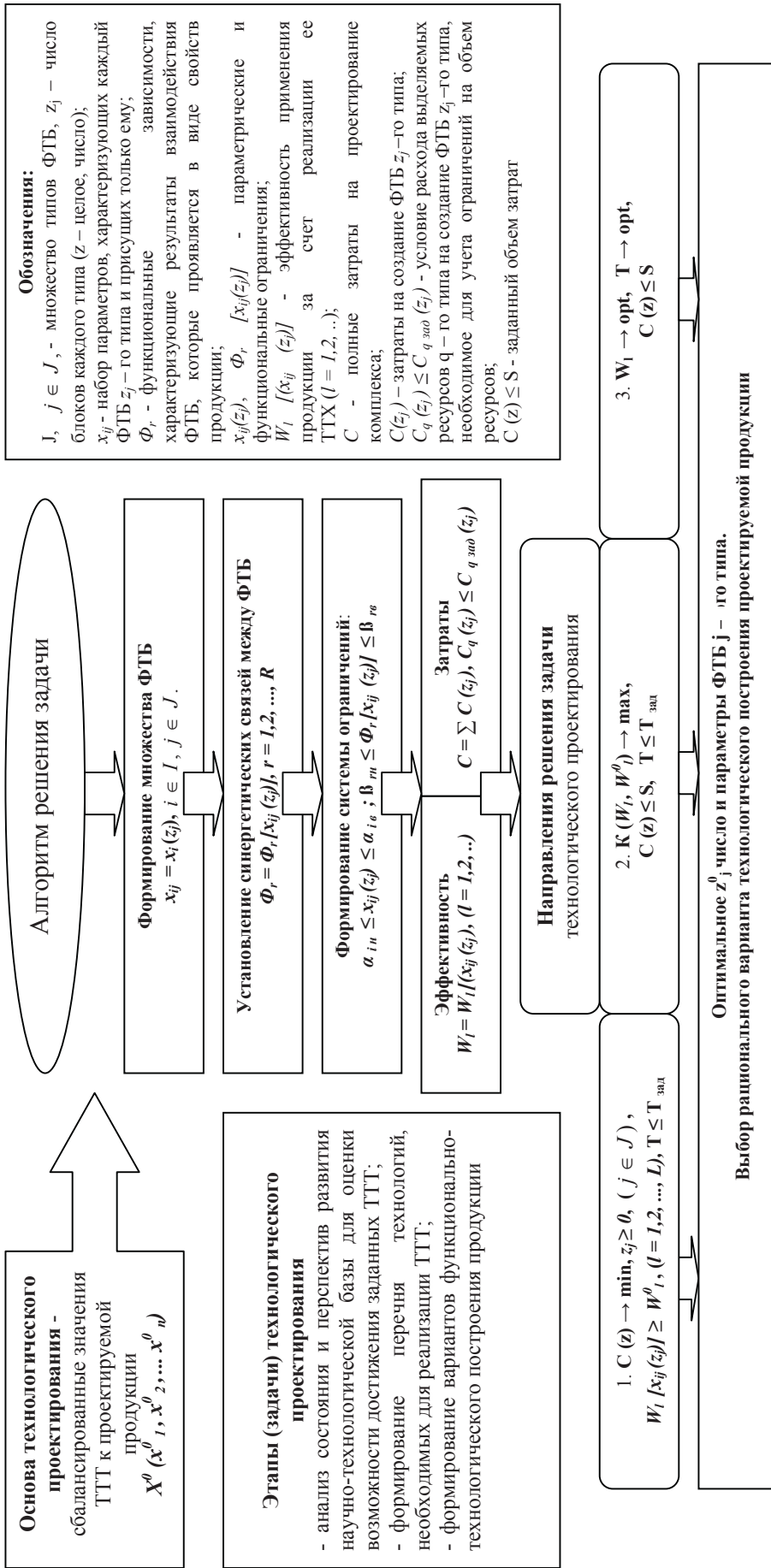


Рис. 5. Методическая схема технологического проектирования

нием комплексного критерия, принятого в современной методологии технико-экономического анализа [4,5]:

1. Минимизация затрат: найти такие значения $z_j^0 \geq 0, (j \in J)$, при которых полные затраты на проектирование продукции минимальны, т.е. $C(z) \rightarrow \min$, с учетом требований со стороны функциональной системы, а эффективность продукции при решении l -й задачи должна быть не меньше заданных (требуемых) уровней $W_l^0: W_l [x_{ij}(z_j)] \geq W_l^0, (l = 1, 2, \dots, L)$ при сроках создания комплекса $T \leq T_{\text{зад}}$.
2. Максимизация эффективности: критерий балансирования формируется оператором свертки K из показателей W_r при этом учитываются требования к

продукции со стороны функциональной системы в виде требуемых значений эффективности W_l^0 . Оператор K максимизируется: $K(W_r, W_l^0) \rightarrow \max$ при заданных $C(z) \leq S, T \leq T_{\text{зад}}$.

3. Оптимизация временных сроков создания: при заданных (выделенных) объемах затрат $C(z) \leq S$ определяются оптимальные ТТХ и сроки полномасштабной отработки основных (базовых) технологий: $W_l \rightarrow \text{opt}, T \rightarrow \text{opt}$.

Решение задачи позволяет получить оптимальное z_j^0 число функциональных блоков j -го типа в проектируемой продукции.

Приведенные постановки позволяют более полно и корректно учитывать межуровневые иерархические технологические связи, возникающие между различными функционально-технологическими блоками с учетом степени их технологической отработки.

государственные расходы, а также поднять качество отечественной продукции (в том числе военной) на новый конкурентоспособный уровень;

во-вторых, технико-экономическое обоснование требуемых значений характеристик наукоемкой продук-

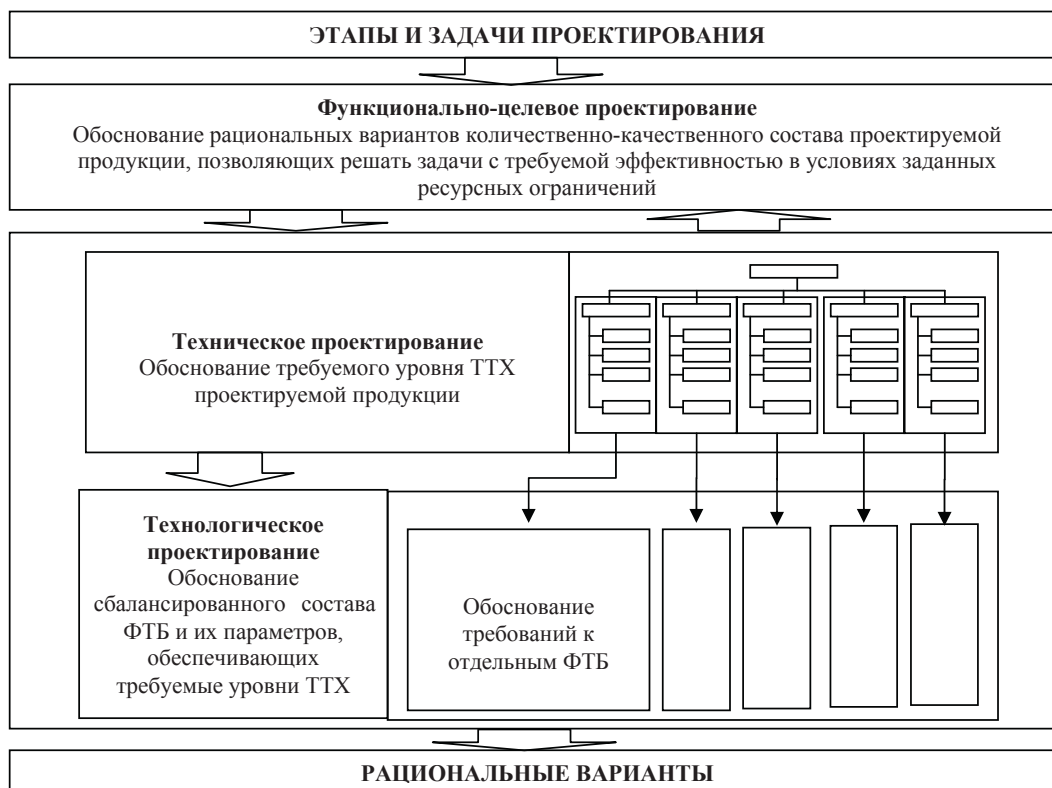


Рис. 4. Порядок использования общей методики концептуального проектирования

Порядок использования общей методики концептуального проектирования показан на рис. 6. Формирование рациональных вариантов проектируемой продукции осуществляется итерационно.

В заключение отметим, что практическое применение общей методики концептуального проектирования наукоемкой продукции обеспечивает:

во-первых, технико-экономическое обоснование унифицированных технологий, позволяющих сократить

цели за счет совместного использования как новых, так и традиционных технологий, что является предпосылкой для проведения работ по унификации и рационального использования ресурсов;

в-третьих, на основе использования синергетических принципов и инструментов обеспечивается методическая поддержка на начальном концептуальном этапе проектирования наукоемкой продукции.

Литература

1. Леонов А.В. Синергетические аспекты трансфера технологий двойного назначения // «Двойные технологии». – 2010. – № 1 (50).
2. ГОСТ Р 15.000-94 Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения.
3. Червинский Р.А. Методы синтеза систем в целевых программах. – М.: Наука, 1987
4. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Издательство ООО «Купол», 2009.
5. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Техничко-экономические показатели планов развития продукции военного назначения. Принципы и методы обоснования. – М.: Военный парад, 2006.

Материал поступил в редакцию 12. 08. 2011 г.