

УДК 351.864.1

А.В. Леонов, доктор экономических наук, профессор

А.Ю. Пронин, кандидат технических наук, доцент

О ВАЖНОСТИ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО ОРУЖИЯ

В данной статье на основе анализа проблем и задач создания нового оружия представлены основные положения методологии системного проектирования, в том числе: принципы и этапы, комплексная модель и алгоритм ее практического применения. С использованием данной методологии представляется возможным перейти от традиционной парадигмы проектирования, связанной с обоснованием характеристик и конструктивно-технологического облика отдельных образцов, к новой парадигме – проектированию целостной совокупности унифицированных образцов нового оружия. В этом состоит важность и новизна системного проектирования.

Ключевые слова: проектирование, оружие, технология, унификация, система, модель.

Проблемы и задачи создания нового оружия

В современных военных конфликтах широкое применение находят новые виды оружия – высокоточное оружие, беспилотные летательные аппараты, роботизированные комплексы военного назначения. В ближайшее время ожидается появление образцов гиперзвукового оружия и оружия направленной энергии (в первую очередь, лазерного и радиочастотного). Создание и интеграция этих новых видов оружия в состав системы вооружения обеспечит качественное повышение уровня решения существующих и перспективных задач Вооруженных Сил Российской Федерации (ВС РФ) и, в конечном итоге – парирование широкого спектра угроз национальной безопасности России в военно-технической сфере.

Однако создаваемые образцы нового оружия характеризуются высоким уровнем сложности и стоимости, которые в будущем будут только возрастать. Поэтому важность системного проектирования на современном этапе создания нового оружия неизмеримо возрастает и, особенно,

при формировании рационального состава этого оружия, обеспечивающего решение задач ВС РФ с заданной эффективностью в рамках прогнозируемых военных конфликтов при определенных технологических и финансово-экономических ограничениях.

О необходимости системного проектирования развития вооружения и военной техники (ВВТ), призванного решить одну из важнейших проблем военно-технической политики – обеспечение сбалансированного развития системы вооружения, подчеркивалось еще в 2004 году в работе Буренка В.М. [1]. В данной работе под «системным проектированием» понимается организационно и методически сложный процесс, который в условиях дефицита ресурсов, выделяемых на развитие ВВТ, позволит найти пути рационального решения основных задач, стоящих перед ВС РФ».

В настоящее время основные проблемы системного проектирования связаны с учетом следующих факторов:

- широкий спектр видов нового оружия;
- наличие большого количества параметров, влияющих на эффективность нового оружия и стоимость его создания;
- необходимость решения широкого спектра задач с максимальной адаптацией к тем или иным условиям функционирования;
- наличие различных заказчиков;
- неопределенность значительного объема исходных данных и их достоверности.

Все эти факторы обусловили необходимость совершенствования существующего инструментария проектирования нового оружия, поскольку учет вышеназванных факторов недостаточно обеспечивается применяемыми традиционными методами и способами проектирования. В настоящее время проблема выбора конструктивно-технологического облика образца нового оружия осуществляется, как правило, путем оптимизации его параметров для какой-либо частной задачи. Вопрос установления важности конкретной задачи из всего множества, а также проектирование образца с учетом его роли и места в общей совокупности образцов нового оружия и, в целом системы вооружения, часто решается эвристически или, в лучшем случае, на основе экспертных оценок, то есть субъективно.

Следует отметить, что проблемы, связанные с проектированием, достаточно широко исследуются. Причем во многих исследованиях этот процесс представляется как часть формирующейся системы управления жизненным циклом образцов ВВТ в рамках научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по их созданию. При этом проектирование рассматривается, в основном, применительно к отдельным образцам и значительно реже как проектирование совокупности образцов для удовлетворения потребности различных заказчиков и использования в различных условиях функционирования. Еще реже при проектировании учитываются мероприятия по унификации составных частей и элементов образцов нового оружия. Если совсем недавно считалось допустимым в качестве конечного результата традиционной схемы проектирования – разработка отдельного конкретного образца с лучшими тактико-техническими и технико-экономическими характеристиками, то в настоящее время подобная постановка вопроса становится уже неактуальной.

Целесообразность разработки того или иного образца нового оружия должна тесно увязываться с целями и задачами создания совокупности унифицированных образцов, а также с требованиями заказчиков к их свойствам. Причем эти требования должны формулироваться с учетом возможности создания: с одной стороны, научно-технического задела на основе выполнения взаимоувязанных НИОКР по созданию перспективных технологий, а с другой – возможности установления оптимальных параметров конструктивно-технологической схемы образца нового оружия, обеспечивающей требуемые его характеристики в разрабатываемой или модернизируемой совокупности образцов. Поэтому одна из важнейших задач системного проектирования на современном этапе развития системы вооружения заключается в сочетании результатов фундаментальных и прикладных исследований с оптимальными конструктивно-технологическими решениями в целях обеспечения требований заказчиков к эффективности нового оружия при его минимальной стоимости. А предметом системного проектирования становится изучение закономерностей изменения во времени технико-экономических и технологических процессов создания нового оружия на этапах его создания с учетом возможностей унификации, с целью обоснованного выбора оптимального состава и характеристик нового оружия.

Таким образом, современный этап создания нового оружия характеризуется переходом от традиционной парадигмы проектирования отдельного конкретного образца к новой парадигме – проектированию целостной унифицированной совокупности перспективных образцов в интересах одного или нескольких заказчиков, которая должна обеспечивать выполнение широкого спектра задач и максимальную адаптацию к тем или иным условиям применения (эксплуатации).

Поэтому процесс проектирования новых образцов оружия потребовалось выделить и обособить в отдельный вид – системное проектирование. Несмотря на широкий спектр отдельных вопросов, изученных в области проектирования, системная методология проектирования нового оружия и ее модели разработаны недостаточно. Остаются нерешенными вопросы, связанные с обоснованием оптимального типажа и рациональных характеристик нового оружия, анализом и оценкой возможностей унификации, обоснованием выбора рациональных вариантов конструктивно-технологического облика нового оружия.

В этой связи далее последовательно рассмотрены следующие элементы методологии и методического инструментария системного проектирования:

- принципы и этапы системного проектирования;
- комплексная модель системного проектирования на этапах технического и технологического проектирования, а также метод оценки эффективности унификации на этих этапах;
- алгоритм практического использования комплексной модели.

1. Принципы и этапы системного проектирования

Сложность и многоплановость задач системного проектирования потребовали создания единых принципиальных основ для обеспечения установления соответствия между целями создания нового оружия, техническими (технологическими) возможностями и располагаемыми ресурсами.

В основу положены следующие основные принципы системного проектирования:

- комплексность и целостность (включая формирование иерархии задач нового оружия);

- полный охват всех этапов создания и типов нового оружия;
- оптимизация (субоптимизация) по комплексному критерию «затраты – эффект – реализуемость»;
- долгосрочность и согласованность по времени (этапам разработки);
- ресурсообеспеченность;
- управляемость;
- информационная обеспеченность.

Практическая реализация требований системности требует выполнения ряда условий, в том числе:

разработка нового оружия как системы, интегрирующей различные по назначению элементы;

формирование требований к новому оружию на основе анализа задач, которые на него возлагаются, условий применения и других факторов;

формирование облика образцов нового оружия на основе тщательного анализа достижений науки, техники и технологий;

выполнение взаимоувязанных НИОКР по созданию элементов нового оружия, перспективных технологий;

использование широкой унификации элементов нового оружия.

С учетом данных принципов и условий выделены основные этапы системного проектирования нового оружия (рисунок 1).

К основным этапам системного проектирования относятся:

- *этап 1* – анализ широкого спектра научных достижений и оценка возможности их использования при создании нового оружия;

- *этап 2* – формирование научно-технического задела как инновационной основы создания новых поколений оружия и оценка его готовности для постановки опытно-конструкторских работ;

- *этап 3* – обоснование облика и определение тактико-технических требований к образцам;

- *этап 4* – определение основных технических и технологических решений образцов нового оружия (*этапы технического и технологического проектирования*);

- *этап 5* – изготовление экспериментального и опытных образцов, проведение их натурных испытаний;

- *этап 6* – проработка вопросов боевого применения и интеграции нового оружия в состав системы вооружения.



Рисунок 1 – Основные этапы системного проектирования нового оружия

Реализация представленных этапов позволяет за заданное время и с минимальными возможными затратами осуществлять тактико-техническое и технико-экономическое обоснование возможности и целесообразности создания нового оружия, определить его роль и место в составе системы вооружения, а также разработать тактико-техническое задание (ТТЗ) на опытно-конструкторскую работу по созданию опытного образца. Кроме того, реализация данных этапов обеспечит возможность расширения номенклатуры образцов нового оружия в составе системы вооружения, снижение стоимости, рисков срыва сроков или невыполнения требований ТТЗ на их создание. Поэтому, учитывая роль технико-экономических показателей создания нового оружия, отдельной задачей, которую необходимо решать на всех этапах системного проектирования, является обоснование оптимальной экономической динамики создания нового ору-

жия. Под экономической динамикой, в соответствии с Современным экономическим словарем¹, понимается характер изменения экономических показателей во времени.

Следует отметить, что большинство из приведенных на рисунке 1 этапов проектирования нового оружия, в том числе в условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса, были рассмотрены ранее в работах [2-5; 8; 9; 14; 15].

В меньшей степени оказались изученными вопросы, связанные с формализацией технического и технологического проектирования нового оружия.

В этой связи авторами более подробно рассмотрены этапы технического и технологического проектирования нового оружия.

2. Комплексная модель системного проектирования

В отличие от традиционной схемы, системное проектирование нового оружия имеет ряд отличительных особенностей, связанных с необходимостью проведения, прежде всего:

- военно-научных и научно-технических исследований по обоснованию требуемого уровня основных характеристик нового оружия;
- анализа значительного числа возможных вариантов реализации отдельных функционально-технологических блоков (ФТБ) для достижения требуемого уровня основных характеристик проектируемых образцов нового оружия и их технико-экономической оценки с учетом возможности совместного использования новых и традиционных технологий.

При проектировании нового оружия необходимо иметь следующую оперативную информацию:

- на каком уровне готовности находятся технологии, положенные в основу его создания;
- какие задачи должны решаться на плановом отрезке времени с использованием нового оружия;
- способен ли существующий (альтернативный) вариант нового оружия решать аналогичные задачи;

¹ Современный экономический словарь / Под ред. Б.А. Райзберга, Л.Ш. Лозовского, Е.Б. Стародубцевой. М.: Инфра-М, 2002. 480 с.

- каковы должны быть характеристики образца нового оружия для решения поставленных задач с минимальными затратами на реализацию его жизненного цикла и каким образом их можно достичь: модернизацией существующего образца или разработкой образцов нового поколения.

Указанная информация позволяет рассмотреть разные варианты создания нового оружия, в том числе: разработка образцов нового поколения или модернизация существующего образца. Возникающая при этом многовариантность обусловлена рядом обстоятельств и, прежде всего, практической потребностью проведения технико-экономических исследований при минимальном, как правило, объеме исходных данных. В этих условиях еще не обоснованы значения характеристик нового оружия, но достоверно известно, что будет осуществляться его разработка с улучшенными характеристиками, в том числе за счет совместного использования новых и традиционных технологий. В результате этого планируется реализовать в образце нового оружия либо всю возможную совокупность новых научно-технических решений (научно-технический задел), либо часть из них. Такое положение имеет место при разработке долгосрочных планов создания нового оружия, а также в том случае, когда при разработке долгосрочных плановых документов не предъявляется жестких требований к значениям его характеристик, а известны только диапазоны их возможных значений. Таким образом, основой создания нового оружия является технологическое проектирование, в ходе которого обосновывается рациональная совокупность ФТБ, обеспечивающих требуемые уровни характеристик проектируемых образцов, с учетом экономических оценок.

В настоящее время, с целью подтверждения реализуемости создания образца нового оружия, проводится комплекс программных мероприятий по техническому и технологическому проектированию.

Предлагаемый ниже методический инструментарий предусматривает выполнение данного комплекса программных мероприятий в два основных этапа:

первый этап – внешнее (техническое) проектирование;

второй этап – непосредственная разработка конструктивно-технологической схемы образца нового оружия (технологическое проектирование).

На каждом из этих этапов должен проводиться анализ и оценка возможности унификации.

Для формализации задачи системного проектирования и обоснованного выбора характеристик представим всю совокупность образцов нового оружия следующим множеством [6]:

$$N_{VTP} = \{N_1, N_2, \dots, N_k\}_{OPT}, \quad (1)$$

где: N_1, N_2, \dots, N_k – подмножества (типы) образцов.

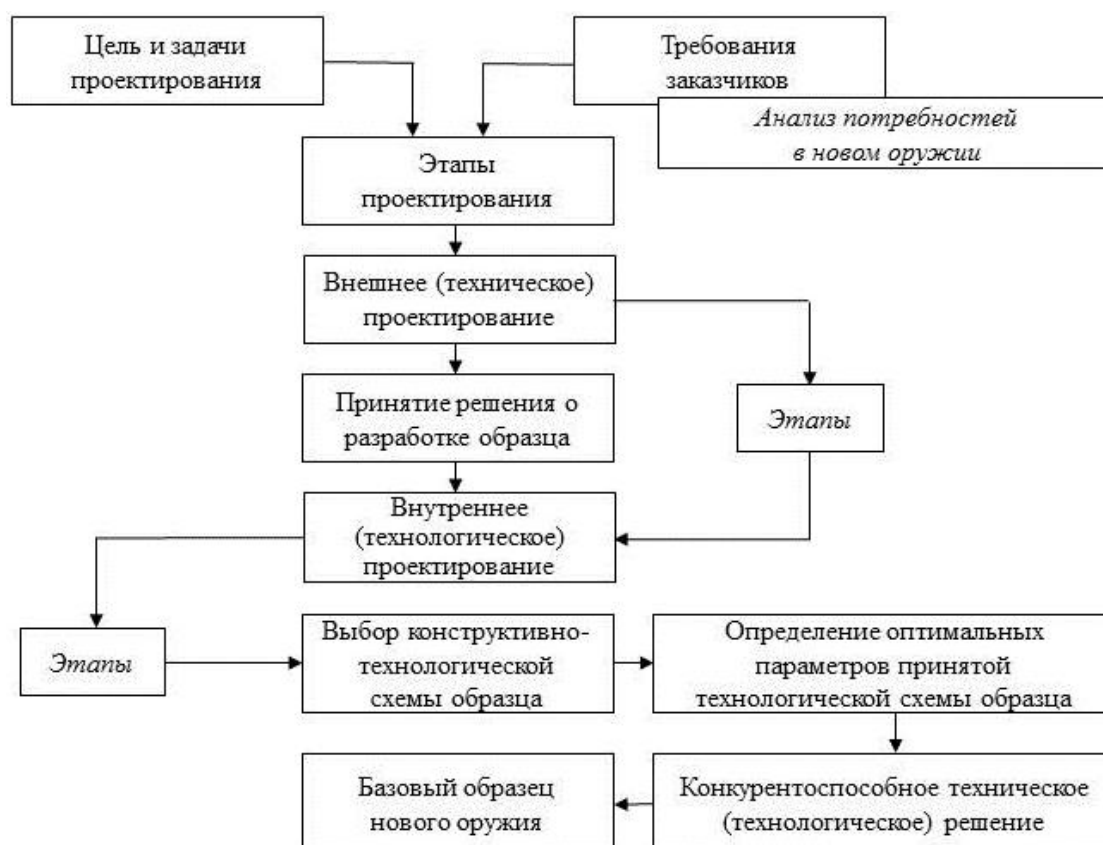


Рисунок 2 – Комплексная модель системного проектирования

Оптимальная совокупность образцов вида (1) должна учитывать потребности различных заказчиков, цели и задачи применения (функционирования) образцов в различных условиях обстановки. Кроме того, она должна обеспечивать широкую унификацию, относительно минимальную стоимость разработки, производства и эксплуатации нового оружия. Результатами решения такой задачи должны явиться:

- оптимальный типаж, вектор рациональных характеристик образцов нового оружия, оценка возможности унификации (техническое проектирование);

- рациональный состав функционально-технологических блоков (элементов) в образце, рациональный вариант конструктивно-технологического облика образца, оценка возможности унификации (технологическое проектирование).

Комплексная модель системного проектирования нового оружия, учитывающая этапы технического и технологического проектирования, показана на рисунке 2.

Рассмотрим содержание технического и технологического этапов системного проектирования.

Техническое проектирование

Основные этапы технического проектирования показаны на рисунке 3.



Рисунок 3 – Основные этапы технического проектирования

Представленные на рисунке 3 этапы технического проектирования относятся к внешнему проектированию. Эти этапы, в сущности, являются техническим заданием на проектирование. Практика проектирования нового оружия показывает, что степень вклада каждого этапа в общий результат (соответственно и значение этапов) возрастают от конечного этапа – к начальному этапу. Эта закономерность характерна как для технического, так и технологического проектирования.

Рассмотрим логическую схему технического проектирования [6; 10].

Исходя из потребностей различных заказчиков нового оружия, и на основе анализа возможных пересечений подмножеств N_1, N_2, \dots, N_k определяется оптимальный (минимальный) типаж образцов, создаваемых в ходе выполнения НИОКР:

$$N_{VTP} \cap \{N_{1(1)}, N_{2(2)}, \dots, N_{k(l)}\}, \quad (2)$$

где: $N_{1(1)}, N_{2(2)}, \dots, N_{k(l)}$ – подмножества образцов нового оружия, разрабатываемых в интересах различных заказчиков.

При этом анализируется возможность унификации разрабатываемых образцов, для осуществления которой необходимо наличие пересечения подмножеств в выражении (2) и предпосылки следующих объединений:

$$\{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(1)} \cup \{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(2)} \cup \dots \cup \{n_1, n_2, \dots, n_k\} \in N_{VTP(l)}, \quad (3)$$

при

$$\begin{aligned} |K(N_{VTP(1)}) - K(N_{VTP(2)})| &\leq K_{dop}, \\ |K(N_{VTP(l-1)}) - K(N_{VTP(l)})| &\leq K_{dop}, \end{aligned} \quad (4)$$

где: n_1, n_2, \dots, n_k – элементы подмножеств N_1, N_2, \dots, N_k , соответственно; K – оптимальное решение для каждого $N_{VTP(l)}$; K_{dop} – допустимое отклонение от оптимального решения.

Таким образом, формирование системы, согласно выражению (1), является задачей структурного синтеза оптимальной совокупности образцов нового оружия при ограничениях на ресурсы и возможный состав ее элементов n_1, n_2, \dots, n_k , которые по мере развития научно-технического задела могут изменяться количественно, качественно и структурно.

Выбор рациональных характеристик образцов может быть построен как процесс субоптимизации системы (1) с учетом выполнения условий (2), (3) и (4) на основании последовательно применяемых критериев.

Фактически процедура выбора рациональных характеристик сводится к решению задачи соответствия элементов их объединениям, обеспечивающих максимум принятого критерия K в следующем виде:

$$n_1 \in N_1; n_2 \in N_2; \dots; n_l \in N_l \cup (n_1; n_2; \dots; n_l)_{\max} = \max K. \quad (5)$$

Далее, на основе конструктивного анализа проектируемых образцов нового оружия формируются подмножества альтернатив технических решений:

$$\overline{A_1} \cup (\overline{n_1}; \overline{n_2}; \dots; \overline{n_l}) = K_{zad}, \quad (6)$$

где: $\overline{n_1}; \overline{n_2}; \dots; \overline{n_l}$ – элементы, образующие альтернативные технические решения $\overline{A_1}$; некоторый заданный уровень критерия K_{zad} .

Сформированные подмножества альтернатив технических решений (6) дают основание для постановки задачи синтеза конструктивно-технологической схемы образца.

Суть этой задачи состоит в отыскании таких вариантов объединений (интеграции) элементов при условии их существования в заданных ограничениях (например, по массе, габаритным размерам, энергопотреблению и др.), при которых обеспечивается некоторый требуемый (заданный) уровень критерия K_{zad} . Задача синтеза конструктивно-технологической схемы образца решается на этапах технологического проектирования.

Таким образом, техническое проектирование сводится к анализу множества условий боевого применения нового оружия, выбору типовых ситуаций боевого применения (функционирования), формированию критериев, определению типажа и рациональных характеристик образцов нового оружия, анализу возможности унификации.

На основе методологии технического проектирования представляется возможным на научной основе обосновать роль и место каждого образца в общей совокупности образцов нового оружия, определить их оптимальные характеристики и сформировать рациональный типаж образцов.

Технологическое проектирование

Суть технологического проектирования заключается во внедрении, сбалансировании и синергетическом объединении (компоновке) различных по назначению ФТБ (подсистем, узлов, элементов) в единую конструктивно-технологическую схему – единую конструкцию образца нового оружия.

Процедура технологического проектирования содержит в качестве неизвестных параметров: типы и число ФТБ, уровень их технологической проработки, синергетические связи между ними для достижения требуемых значений характеристик образца.

В сложившейся практике проектирования необходимые ФТБ выбираются двумя способами: либо из множества существующих, то есть уже достаточно хорошо апробированных и используемых в конструктивно-технологических схемах других видов оружия; либо возникает необходимость полномасштабной разработки новых технологий. Как правило, множество апробированных технологий является достаточно представительным и мощным, в отличие от множества новых технологий, непосредственно определяющих в конечном итоге функциональные возможности и конструктивный облик образца нового оружия. Обычно эти технологии являются объектом формирующейся научно-технологической базы (НТБ).

Основные этапы технологического проектирования, в частности, переход от множества сбалансированных характеристик образца – к конкретному рациональному варианту конструктивно-технологической схемы его построения, показаны на рисунке 4.

Вербальное решение задачи структурного синтеза конструктивно-технологической схемы образца нового оружия заключается в следующем.

Известно множество типов ФТБ и число блоков каждого типа. Функционально-технологический блок каждого типа обладает определенными свойствами (динамическими параметрами). При этом имеются параметры (например, массо-габаритные, энергопотребление), присущие каждому блоку. Результат взаимодействия ФТБ проявляется в виде свойств образца, которые описываются некоторыми функциональными зависимо-

стями. Предпочтительность того или иного варианта функционально-технологического построения образца оценивается с использованием показателей, которые характеризуют эффективность его использования (применения по функциональному назначению) при решении той или иной задачи. На параметры и показатели ФТБ накладывается система параметрических и функциональных ограничений, то есть допустимые границы их изменения.



Рисунок 4 – Основные этапы технологического проектирования

Полные затраты на технологическое проектирование образца выводятся суммированием затрат на создание ФТБ каждого типа и затрат на их комплексирование (интеграцию) в состав того или иного образца но-

вого оружия. Такой способ учитывает все необходимые компоненты затрат и отражает специфику образца, прежде всего, зависимость его основных характеристик от состава и порядка взаимодействия ФТБ каждого типа с учетом их свойств, что обеспечивает появление между ними устойчивых связей в виде конструктивной схемы (функциональной структуры) образца нового оружия.

При технологическом проектировании к функционально-технологическим блокам предъявляются дополнительные требования, в частности: по стандартизации и унификации 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 принципиальную физико-техническую новизну образца нового оружия. Кроме того, в процессе технологического проектирования должны учитываться требования со стороны совокупности разрабатываемых образцов, в которой каждое проектируемое изделие рассматривается как неотъемлемая составная часть.

Требуется определить рациональный состав ФТБ в проектируемом образце нового оружия.

Данная задача может быть сформулирована с использованием комплексного критерия «эффект – затраты – реализуемость», обоснованного в работе [7]. В этом случае задача формулируется в трех вариантах.

1. *Минимизация затрат.* Требуется найти такие рациональные объединения ФТБ, при которых полные затраты на проектирование минимальны, с учетом следующих условий: а) эффективность решения каждой задачи должна быть не меньше заданных (требуемых) уровней; б) сроки создания образца нового оружия должны быть меньше заданных значений.

2. *Максимизация эффекта.* Требуется найти такие рациональные объединения ФТБ, при которых максимизируется критерий эффекта образца при заданном уровне затрат и сроках его создания.

3. *Оптимизации временных сроков создания образца нового оружия.* При заданных объемах затрат на проектирование и эффективности образца определяются оптимальные параметры и сроки полномасштабной отработки основных (базовых) технологий образца нового оружия.

Решение задачи в любом варианте ее формулировки позволяет получить рациональное число ФТБ каждого типа в проектируемом образце нового оружия. Приведенные постановки позволяют более полно и корректно учитывать межуровневые иерархические технологические связи, возникающие между разнотипными ФТБ, с учетом степени их технологической отработки.

Таким образом, на основе методологии технологического проектирования с использованием комплексного критерия «эффект – затраты – реализуемость» представляется возможным на научной основе обосновать конструктивно-технологический облик образца нового оружия.

Метод оценки эффективности унификации

При разработке нового оружия мероприятиям по унификации должно уделяться особое внимание.

Оценку уровня унификации нового оружия, конечно, можно проводить на основе известного подхода с использованием частных показателей унификации, например, как показано в работе [4]: коэффициентов применяемости, повторяемости и межпроектной унификации. Подобный подход хотя и позволяет судить о технологичности оцениваемой составной части, но не дает ответа относительно обоснованности ее включения в состав проектируемого образца нового оружия или совокупности этих образцов.

В этой связи использован новый метод оценки уровня унификации, основанный на обобщающем показателе эффективности унификации, который взаимосвязан с коэффициентом эффективности использования образца нового оружия по своему функциональному назначению [6]. При этом предполагается, что данный коэффициент показывает изменение эффективности проектируемого образца относительно некоторого базового образца при равном уровне затрат на выполнение ими какой-либо задачи по своему функциональному назначению. Данное соотношение определяется следующей зависимостью:

$$K_e = \frac{P^p}{P^b}, \quad \text{при } C^p = C^b, \quad (7)$$

где C^p , C^b – затраты на выполнение задачи по своему функциональному назначению проектируемым образцом нового оружия и базовым образцом, соответственно; P^p , P^b – вероятности выполнения задачи проектируемым и базовым образцом, соответственно.

Кроме того, предполагается, что создание образцов включает разработку и производство их составных частей. Задача определения затрат на производство образцов является более сложной, чем затрат на НИОКР, так как необходимо знать объемы производства составных частей, что является прерогативой заказывающих ведомств. Поэтому для определения ориентировочного уровня затрат на производство предполагается, что разрабатываемыми образцами будет обеспечиваться только определенный процент потребителей от их общего числа и в соответствии со штатной принадлежностью новых образцов.

Согласно данному подходу оценка уровня унификации осуществляется в соответствии со следующим выражением [6]:

$$K_y = \frac{\sum_{p=1}^k C_p^u - \sum_{q=1}^l \Delta N_q^u \cdot C_q^u}{\sum_{p=1}^k C_p^o}, \quad (8)$$

где: C_p^u , C_p^o – затраты на p -й этап проектирования унифицированного и неунифицированного вариантов образца нового оружия, соответственно; ΔN_q^u – возможный прирост объемов производства за рассматриваемый период времени q -й унифицированной составной части (элемента) нового образца; C_q^u – прибыль (сокращение затрат) от применения q -й унифицированной составной части (элемента).

С учетом длительности жизненного цикла образцов нового оружия и выражения (8) для q -й унифицированной составной части (элемента), можно получить следующее выражение:

$$K_y = \frac{C_q^u}{C_q^o} \left(1 - \frac{\Delta N_q^u}{N_q^o} \right), \quad (9)$$

что позволяет выражение (8) представить в виде функции:

$$K_e = F(K_y, \alpha_q^u, \beta^o), \quad (10)$$

где: α_q^u , β^o – характеристики унифицированных и неунифицированных составных частей (элементов), соответственно; N_q^o – общий объем производства за рассматриваемый период времени q -й составной части (элемента) образца нового оружия (как суммы унифицированных и неунифицированных составных частей).

Согласно выражению (10) между коэффициентом эффективности K_e и коэффициентом унификации K_y существует тесная взаимосвязь, которая должна учитываться при выборе рационального варианта конструктивно-технологической схемы образца нового оружия. Установление данной взаимосвязи возможно путем моделирования процессов функционирования новых образцов в различных типовых ситуациях их применения.

Таким образом, оценка целесообразности того или иного варианта унификации составных частей (элементов) образца нового оружия должна проводиться одновременно с оценкой эффективности его использования по своему функциональному назначению.

Следует отметить, что изложенный подход к оценке эффективности унификации является универсальным. Он может быть использован как при внутривидовой унификации (на основе базовой модели образцов одного типа), так и межвидовой унификации (на основе нескольких базовых моделей различного типа), что, в принципе, не противоречит существующим взглядам в области унификации высокотехнологичной продукции, например, представленным в работе [4]. В основу принципа межвидовой унификации положены идеи подобия задач, потребностей, конструктивно-технологических решений и элементной базы, используемой в образцах нового оружия различных заказывающих органов.

Практическое использование изложенного выше метода позволило провести оценку влияния различных вариантов унификации, в том числе по конструктивно-технологическому исполнению проектируемых образцов нового оружия, на эффективность их применения по своему функциональному назначению. Таким образом, был предопределен выбор конкурентоспособных технических и технологических решений проектируемых образцов нового оружия. По существу, смысл и эффект унификации заключается в решении всего круга задач, возлагаемых на новое оружие, с минимальными затратами, то есть минимальным типажом образцов нового оружия.

3. Алгоритм практического использования комплексной модели

С учетом рассмотренных особенностей технического и технологического проектирования, а также оценки эффективности мероприятий по унификации, предложен алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования высокотехнологичной продукции (рисунок 5).

В основу комплексной модели положены требования заказчиков к новому оружию, цели и задачи их создания, а также направления системного проектирования, позволяющие определить:

на этапах технического проектирования: типаж образцов нового оружия; рациональные характеристики; возможности унификации по повышению эффективности нового оружия или снижению затрат на их создание (межвидовая унификация);

на этапах технологического проектирования: рациональный состав ФТБ и их параметров; рациональный вариант конструктивно-технологической схемы образца нового оружия; возможности унификации по повышению эффективности нового оружия или снижению затрат на его создание (внутривидовая унификация).

На основе выбора конкурентоспособных технических и технологических решений разрабатывается базовый образец и оптимальная совокупность образцов нового оружия.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что системное проектирование нового оружия представляет собой не жесткую, а гибкую методологию структурного и параметрического синтеза, включающую понятийный аппарат, иерархическую систему целей и критериев, совокупность математических моделей, методик, единую систему исходных данных.

Структурный синтез заключается в разработке совокупности (системы) образцов нового оружия с учетом внешней среды, условий функционирования образцов, требований к ним, новых технических решений.

Параметрический синтез состоит в определении оптимальных динамических параметров конструктивно-технологической схемы нового образца на основе формирования допустимого множества его альтернативных вариантов и выбора доминирующего технологического решения.

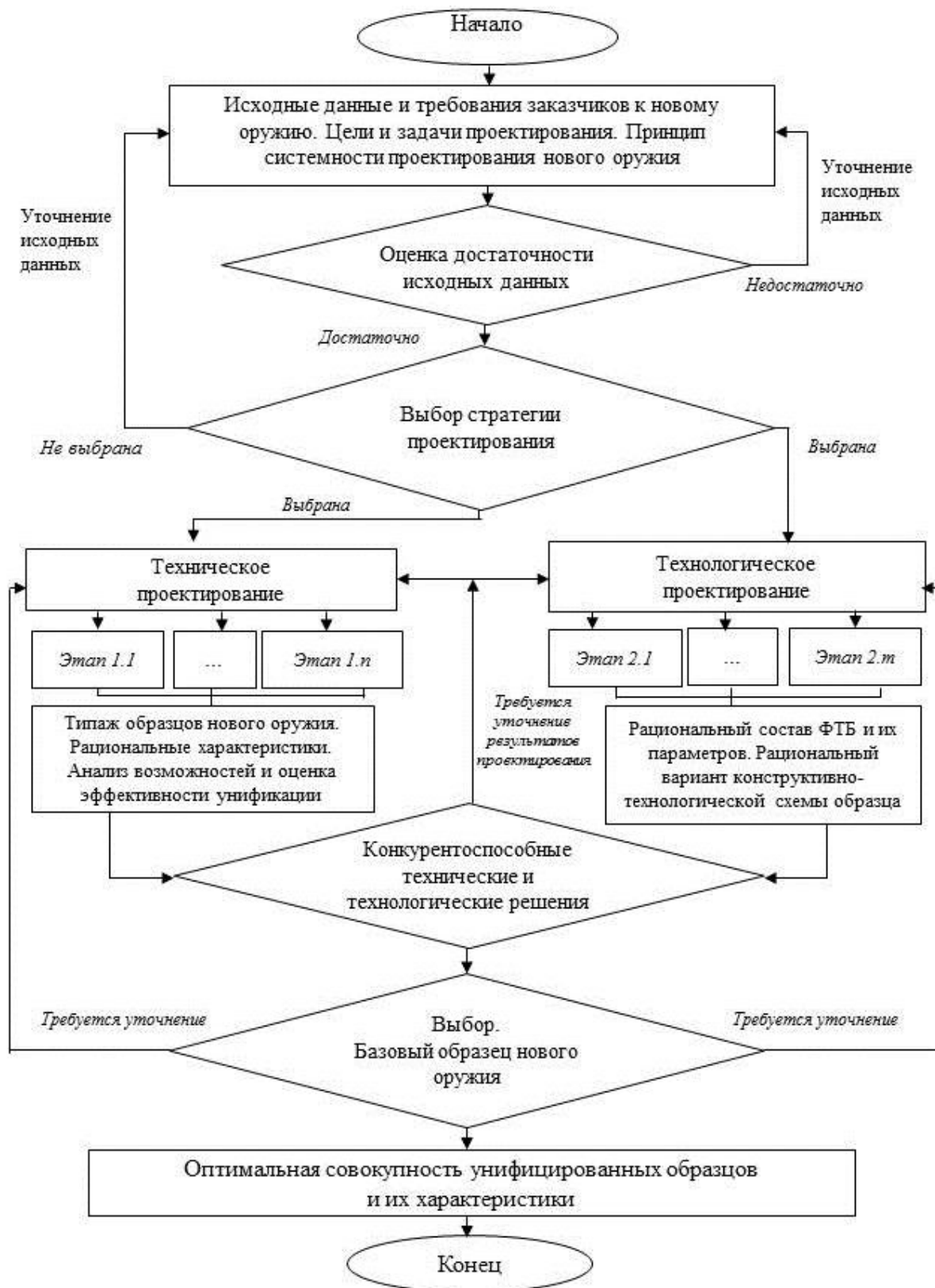


Рисунок 5 – Алгоритм практического использования комплексной модели системного проектирования нового оружия

В методическом плане задача структурно-параметрического синтеза состоит в определении таких объединений элементов (как на этапах технического, так и технологического проектирования), образующих альтернативные технические (технологические решения) с оптимальными конструктивными параметрами, при которых обеспечивается заданный уровень критерия «эффект – стоимость – реализуемость». Для решения задачи структурного синтеза совокупность образцов нового оружия представляется в виде большой системы с многообразием связей между ее элементами на разных уровнях и этапах проектирования.

В целом, системное проектирование является мощным методическим инструментарием оптимизации затрат на создание нового оружия при обеспечении заданных требований к его эффективности.

Заключение

В данной статье на основе анализа проблем и задач создания нового оружия разработаны основные положения методологии системного проектирования нового оружия, в том числе:

предложен новый понятийный аппарат, принципы и этапы системного проектирования;

разработана комплексная модель, включающая модели технического и технологического проектирования, а также метод оценки эффективности унификации, пригодный к использованию на межвидовом и внутривидовом уровнях;

разработан алгоритм практического использования комплексной модели и предложения по ее использованию на этапах создания нового оружия.

С использованием данной методологии представляется возможным перейти от традиционной парадигмы проектирования, связанной с обоснованием характеристик и конструктивно-технологического облика отдельных образцов к новой парадигме – проектированию целостной совокупности (системы) унифицированных образцов нового оружия в интересах различных заказчиков и условий применения (эксплуатации). В этом состоит важность и новизна системного проектирования.

В дальнейшем, целесообразно распространить методологию и практику системного проектирования на наиболее науко- и ресурсоемкие

образцы нового оружия, что позволит сократить сроки и затраты на их создание, в том числе за счет достижения оптимального уровня межвидовой унификации технических и технологических решений.

Список использованных источников

1. Буренок В.М. Системное проектирование развития вооружения и военной техники // Военная мысль. 2004. № 6. С. 11-14.
2. Буренок В.М., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Военно-экономические и инновационные аспекты интеграции нетрадиционных видов оружия в состав системы вооружения. М.: Издательская группа «Граница», 2014. 240 с.
3. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Модифицированный метод оценки влияния научно-технологических достижений на создание перспективного вооружения // Вооружение и экономика. 2018. № 2(44). С. 68-79.
4. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Проблемы и пути создания высокотехнологичной продукции в условиях диверсификации предприятий оборонно-промышленного комплекса. М.: ИНФРА-М, 2019. 351 с.
5. Буренок В.М., Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции. М.: Издательская группа «Граница», 2012. 424 с.
6. Избранные труды академика А.Г. Шипунова: Сборник публикаций. В 3-х т. Т. 3. М.: Издательство «Граница», 2017. 456 с.
7. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: учебник. М.: ВУ, 2015. 340 с.
8. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. Тверь: Издательство ООО «КУПОЛ», 2009. 624 с.
9. Корчак В.Ю. Научный задел как инновационная основа создания новых поколений технических систем // Компетентность. 2010. № 9. С. 18-24.
10. Юдаев А.В., Швыкин Ю.С., Игнатов А.В. Проблемы комплексной автоматизации проектно-конструкторских работ // Системы ВТО. Создание, применение и перспективы. Тула: КБП, 2014. № 2(12). С. 65-79.
11. Буравлев А.И., Пьянков А.А. Метод выбора парето-оптимальных вариантов государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. 2012. № 1(17).
12. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.
13. Вентцель Е.С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. 552 с.
14. Панков С.Е., Борисенков И.Л., Смирнов С.С., Реулов Р.В. Планирование фундаментальных и прикладных исследований в интересах обороны и безопасности государства в современных условиях // Вооружение и экономика. 2017. № 2(39). С. 43-54.
15. Смирнов С.С., Реулов Р.В. О необходимости совершенствования системы внедрения в ВВСТ новых технологий // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2018. № 1(101). С. 49-58.