

Гасюк Д.П., Дубовский В.А., Кадиркулов Ш.К.

**СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА
ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ**

Санкт-Петербург, 2024

УДК 623.1/7

ББК 30.8

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор В.С. Малиновский,

доктор технических наук, профессор С.В. Колесниченко

Гасюк Д.П.

Системные исследования жизненного цикла вооружения и военной техники /

Д.П. Гасюк, В.А. Дубовский, Ш.К. Кадиркулов. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024.

– 303 с.

ISBN

В книге рассмотрены научно-методические положения системных исследований жизненного цикла вооружения и военной техники. Освещено современное практики и теории создания и эксплуатации вооружения и военной техники. Излагаются принципы формирования облика системы управления полным жизненным циклом, модели и методики управления и оценивания эффективности ее функционирования.

Книга предназначена для сотрудников научно-исследовательских организаций и специалистов, занимающихся вопросами разработки и эксплуатации вооружения и военной техники.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	10
ГЛАВА 1 ПРАКТИКА И ТЕОРИЯ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	15
1.1 Существующая практика создания и эксплуатации вооружения и военной техники.....	15
1.2 Закономерные предпосылки формирования контрактов жизненного цикла вооружения и военной техники	32
1.3 Условия и факторы, сопровождающие создание и эксплуатацию вооружения и военной техники	43
1.4 Пути создания системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники	51
1.5 Анализ зарубежного опыта построения и функционирования системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники.....	70
ГЛАВА 2 ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПОЛНОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА И ПРИНЦИПЫ ОБОСНОВАНИЯ ОБЛИКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ	87
2.1 Сущность управления жизненным циклом вооружения и военной техники	89
2.2 Понятийный аппарат в области управления жизненным циклом вооружения и военной техники.....	95
2.3 Закономерности управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники	104

2.4	Основные принципы обоснования облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники	110
2.5	Требования к системе управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники	118
2.6	Концептуальная модель управления процессами полного жизненного цикла вооружения и военной техники	121
ГЛАВА 3 МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ОБЛИКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ.....		
3.1	Цели, задачи и структурная основа системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники..	128
3.2	Алгоритм обоснования облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники.....	134
3.3	Обоснование организационно-функциональной структуры облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники.....	140
3.4	Обоснование процессной структуры облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники.....	151
ГЛАВА 4 МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ		
4.1	Показатели, критерии, принципы оценивания эффективности полного жизненного цикла вооружения и военной техники ...	158
4.2	Методика оценивания технико-экономических характеристик вооружения и военной техники	169
4.3	Методика прогнозно-аналитического оценивания временных показателей военно-технического уровня вооружения и военной техники	174

4.4	Методика оценивания рисков на этапах жизненного цикла вооружения и военной техники	180
4.5	Методика оценивания рисков невыполнения тактико-технических требований к образцу вооружения и военной техники.....	188
ГЛАВА 5 МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ		
195		
5.1	Концептуальная модель управления полным жизненным циклом образца вооружения и военной техники по контрольным точкам.....	195
5.2	Функциональная модель процессов полного жизненного цикла вооружения и военной техники.....	202
5.3	Методика управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники в реальном времени.....	220
5.4	Оптимизация характеристик образца вооружения и военной техники на этапе проектирования.....	227
5.5	Обоснование рационального варианта характеристик образца вооружения и военной техники на этапе разработки.....	233
5.6	Задача согласования целей государственного заказчика и производителя образцов вооружения и военной техники.....	243
5.7	Задача поиска новых технических решений в ходе создания образцов вооружения и военной техники.....	249
ГЛАВА 6 МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ.....		
255		
6.1	Метод обоснования иерархической структуры свойств на этапе разработки тактико-технического задания.....	255
6.2	Метод формирования иерархической структуры свойств на этапе проектирования.....	258

6.3	Метод оценки технического уровня модернизируемого образца вооружения и военной техники.....	261
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	273
	СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	274
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	277

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящем издании рассматриваются актуальные проблемы организационного проектирования облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники.

Проблема управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники в рамках единой системы является важной комплексной научно-технической задачей, решение которой требует, во-первых, поиск баланса интересов между заинтересованными сторонами, а во-вторых, максимального удовлетворения потребностей заказчика, как главного потребителя образца военной техники.

Данная проблема имеет исторические предпосылки, одной из которых является разделение труда. В древности любой ремесленник, как правило, выступал в нескольких ипостасях – художника, проектировщика, изготовителя. Подобная ситуация прослеживалась и в других отраслях – строительстве зданий и сооружений, оружейном деле, кораблестроении, где строители создавали не только своими руками, но и были одновременно архитекторами, инженерами, подрядчиками и рабочими. То есть замысел и исполнение еще не были оторваны друг от друга, и часто осуществлялись одним и тем же лицом или группой лиц без строго разделения обязанностей. Синтетический характер творчества оставался очевидным.

Последующее развитие общественного производства углубило специализацию: ученые посвятили себя исследованию объективных законов действительности, инженеры – разработке конструкций и технологий, а рабочие стали создавать материальные ценности.

В настоящее время наблюдается начало нового качественного этапа: началось высвобождение множества специальностей ввиду появления новых информационных технологий и передачи когнитивных функций от человека искусственному интеллекту. Так завершился очередной виток диалектической спирали.

Сложивший на сегодняшний день механизм хозяйствования в своей основе построен на привязке ответственности исполнителей к результатам их конкретного труда, чаще всего не соотнесенным с конечными результатами общего труда. Между тем выявление этого соотношения является весьма проблематичным; участники каждой отдельной стадии жизненного цикла, как правило, не имеют представления о совокупных затратах за весь жизненный цикл образца военной техники и, следовательно, не могут сопоставить эти затраты и собственную долю в них с потенциально возможным или реальным эффектом от применения образца военной техники в реальных условиях эксплуатации. В связи с этим деятельность участников каждой стадии определяется локальными интересами, способы сведения которых к единому интересу до сих пор не найдены.

В связи с ростом сложности решаемых образцами военной техники задач, их интеллектуализацией, увеличением расходов на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, производство и эксплуатацию актуальной задачей становится совершенствование процесса создания ВВТ. Он может быть представлен как определенная последовательность состояний во времени – от рождения замысла на разработку военной техники до снятия ее с эксплуатации. Все это составляет полный жизненный цикл вооружения и военной техники. При этом целостность структуры жизненного цикла во многом будет определять его эффективность. Исключение какого-либо вида работ из полной структуры цикла ни в коей мере не означает, что экономия затрат на выполнение этих работ сократит затраты и повысит эффективность жизненного цикла. Так, например, экономия времени и ресурсов за счет сокращения работ по научным исследованиям часто приводит к тому, что создаваемая техника по своим параметрам не соответствует лучшим достижениям науки и техники. Исключение из структуры цикла этапа проведения одного из видов подготовки производства, как правило, приведет к увеличению затрат на производство техники и отрицательно сказывается на их качестве. Поэтому единое истолкование термина полный жизненный цикл, является необходимой методологической предпосылкой совершенствования

управления развитием системы вооружения в общем, и процессами создания и эксплуатации вооружения и военной техники, в частности.

Нового осмысления и научной проработки требуют вопросы совершенствования методов выявления и учета связей участников жизненного цикла. Одним из направлений такого совершенствования представляется создание специального, межведомственного элемента управления процессами жизненного цикла. Чем больше фактов и связей, внутретапных и внутриэтапных, будет учтено, тем больше появится дополнительных возможностей экономии ресурсов (временных, стоимостных, кадровых) за жизненный цикл.

Теоретические положения, методы и методики, рассмотренные в монографии, базируются на глубоком анализе научной и технической литературы в смежных областях, изучении опыта ведущих зарубежных стран. В работе, рассмотрены в комплексе вопросы этимологии понятийного аппарата, методологические аспекты формирования облика системы управления жизненным циклом, методическое обеспечение оценивания и повышения эффективности управления, а также рассмотрено основное содержание научно-методического аппарата оценки военно-экономической эффективности и рисков реализации контрактов жизненного цикла. При этом большинство общих и частных аспектов построения и функционирования системы управления полным жизненным циклом рассмотрено прежде всего с позиций заказчика военной техники.

Гасюк Дмитрий Петрович

ВВЕДЕНИЕ

Сложность задач, решаемых вооружением и военной техникой (ВВТ), требует не только соответствующих тактико-технических характеристик образцов, но выполнения ряда требований, обеспечивающих их готовность к выполнению своего целевого предназначения. Но в то же время опыт создания и эксплуатации ВВТ свидетельствует о низкой эффективности использования стоимостных, временных ресурсов, выделяемых на реализацию процессов жизненного цикла (ЖЦ) и несоответствии значений показателей надежности образцов ВВТ требуемым, что приводит к снижению эффективности управления ЖЦ.

Основной причиной сложившейся ситуации является отсутствие управления всей совокупностью процессов ЖЦ ВВТ в рамках единой системы. Обеспечение требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ лишь только в рамках стадии эксплуатации на сегодняшний день не представляется возможным. В сложившейся ситуации перед органами военного управления (ОВУ) стоят задачи по разработке механизма, позволяющего заложить в создаваемый образец ВВТ требуемые значения технических и стоимостных показателей и спроектировать систему контроля их реализации на последующих стадиях ЖЦ. При этом, необходимо учитывать, что в реализации процессов создания и эксплуатации ВВТ задействовано множество участников ЖЦ, среди них научно-исследовательские организации (НИО), военные представительства (ВП), ОВУ, заказчик ВВТ, предприятия оборонно-промышленного комплекса (ОПК), эксплуатанты, каждый из которых имеет определенную цель и решает соответствующие задачи для ее достижения на определенном этапе ЖЦ.

Система управления полным ЖЦ ВВТ (СУ ПЖЦ), представляет комплекс мероприятий по разработке нормативно-правовой и нормативно-технической базы, информационно-коммуникационных технологий, обеспечивающих управление информацией об изделиях военной техники, связанных с ними процессов на протяжении полного ЖЦ и поддержку принятия решений в ходе управления деятельностью участников ЖЦ [172], что является весьма объемной и сложной задачей.

Поэтому в работе были исследованы вопросы обоснования облика СУ ПЖЦ, представляющего собой структуру и основополагающие свойства системы, функционирующей в целях достижения, поддержания требуемых параметров ВВТ путем решения задач по управлению полным ЖЦ ВВТ, а также особенностей последующего ее внедрения в практику управления созданием и эксплуатацией ВВТ, являющиеся фундаментом для построения системы и последующей автоматизации процессов создания и эксплуатации ВВТ.

Необходимость создания СУ ПЖЦ обуславливается также следующими предпосылками и современными особенностями реализации процессов ЖЦ ВВТ, среди которых следует выделить:

во-первых, современные условия выполнения Государственного оборонного заказа (ГОЗ) (раздельное финансирование опытно-конструкторских работ (ОКР), производства вооружения и военной техники (ВВТ), мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), краткосрочный горизонт планирования, позаказное производство ВВТ;

во-вторых, ряд факторов (перевод воинских частей на постоянную готовность, ликвидация ремонтных заводов МО РФ, снижение возможностей системы эксплуатации);

в-третьих, устойчивые тенденции увеличения технической сложности, стоимости создания изделий ВВТ.

Исследование систем управления ЖЦ сложных технических систем, начиная с 30-х гг. 20 века, является предметом специальных научных работ. В трудах отечественных и зарубежных ученых А. К. Гастева, Б. А. Дубовикова, Г. С. Поспелова, Е. Г. Яковенко, О. В. Еременко, М. Г. Карпунина, Я. Г. Любенецкого, Б. И. Майданчика, С. Таката, Ф. Кимура, Ф. А. И. Ван Хутен и Дж. М. Чаплицкого были заложены концептуальные основы новой методологии управления ЖЦ изделий машиностроения, опирающейся на эффективное использование ресурсов в ходе их создания, производства и эксплуатации.

Отдельно следует указать на фундаментальные и прикладные исследования, проводимые международными коллективами. Среди них наиболее значимые:

международный проект Promise, посвященный совершенствованию технологий управления ЖЦ (получивший название управление ЖЦ с обратной связью) и комплекс исследований под общим названием DYNAMITE – Dynamic Decisions in Maintenance, направленный на разработку перспективных методов реализации результатов первого проекта.

В настоящее время активно функционируют несколько научных школ, тематика исследований которых связана с проблематикой управления ЖЦ, в их числе научные школы Ю. М. Соломенцева, В. В. Шайдурова, Ю. И. Шокина, В. Н. Ямцева, А. П. Афанасьева, В. В. Топоркова, А. С. Шаламова и П.А. Дроговова.

Среди научно-исследовательских организаций, деятельность которых непосредственно связана с проблематикой ЖЦ наукоемкой продукции, можно в первую очередь отметить следующие: институты конструкторско-технологической информатики, проблем информатики, системного анализа Российской академии наук (РАН), Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН, научно-исследовательский институт системных исследований РАН.

Применительно к концептуальному построению системы управления ЖЦ ВВТ в диссертации особое внимание уделено основополагающим трудам отечественных специалистов: В. М. Буренка, А. А. Рахманова, А. М. Московского, Г. А. Лавринова, Е. Ю. Хрусталева, А. И. Буравлева, А. В. Дышкантюка, С. Н. Шарова.

Исчерпывающие исследования, посвященные построению систем управления видов и родов войск и их составляющих, проведены Д. Ю. Брежневым, А. Е. Гвоздевым, И. В. Грудининым, Б. П. Груздевым, Ю. С. Мануйловым, В. И. Мищенко, В. Л. Хрулевым.

Теоретические и методологические аспекты информационного обеспечения процессов ЖЦ военно-космической и авиационной техники достаточно подробно раскрыты в трудах Б. В. Соколова, Р. М. Юсупова, С. А. Потрясаева, М. Ю. Охтилева, Е. В. Судова, А. И. Левина. В свою очередь, частные вопросы информационного обеспечения ракетно-артиллерийского вооружения (РАВ) в мирное и военное время были рассмотрены В. Г. Анисимовым, К. А. Злотниковым, В. А. Кежаевым, С. В. Марковым, Г. Н. Ульяновым.

Локальные вопросы ЖЦ РАВ с научной и практической точек зрения рассматривались в работах: А. Е. Филюстина, В. С. Малиновского, В. Г. Старосельца, А. Н. Кивалова, С. В. Колесниченко, Д. Л. Тукеева, Ф. Н. Любарчука, Ю. В. Ведерникова, Тихонова В. Б. и А. А. Филиппова.

Проведенные исследования внесли значительный вклад в развитие концептуальных основ управления отдельными этапами и процессами ЖЦ образцов ВВТ и составили базис для разработки теоретических и методических положений настоящего исследования. Несмотря на выявленный интерес исследователей к обозначенной предметной области, анализ показал, что практически во всех работах, посвященных ЖЦ сложных технических систем, больше внимания уделяется исключительно вопросам оптимизации отдельных его этапов и обеспечения их информационной поддержки. При этом не выявляются системные связи и структура процессов ЖЦ, рассмотрение ЖЦ в целом практически оказалось за границами проведенных исследований. Без должного научно-методического обоснования невозможно оценить влияние предэксплуатационных стадий и этапов на эффективность управления ЖЦ в общем и эксплуатации, в частности.

Особо следует отметить, что результаты проведенного анализа свидетельствуют об отсутствии системных исследований вопросов формирования СУ ПЖЦ, координирующей деятельность участников ЖЦ в ходе управления процессами создания и эксплуатации ВВТ, в которых бы раскрывались теоретические, методологические и практические аспекты данной проблемы.

В свою очередь, полученные в проведенных исследованиях положительные результаты в настоящее время следует считать начальным этапом совершенствования управления ЖЦ ВВТ. Для качественного решения задач должны быть решены вопросы разработки теоретических основ построения облика СУ ПЖЦ, содержащие базовую терминологию, требования к системе, обоснованный перечень решаемых задач, показатели оценивания эффективности управления процессами ЖЦ и модели управления ЖЦ.

Книга «Системные исследования жизненного цикла вооружения и военной техники» будет полезна при разработке систем управления созданием и

эксплуатацией продукции военного назначения, объединяющими разработчиков, производителей, представителей заказчика и направленными на достижение требуемых значений целевых показателей ВВТ.

В монографии изложены теоретические, методологические и методические основы организационного проектирования системы управления жизненным циклом и научно-методическое обеспечение функционирования контрактов жизненного цикла ВВТ.

ГЛАВА 1 ПРАКТИКА И ТЕОРИЯ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

1.1 Анализ существующей практики создания и эксплуатации вооружения и военной техники

Каждый образец ВВТ в период полного ЖЦ от возникновения замысла о его создании до последующего снятия с эксплуатации и списания проходит эволюционный путь, содержащий совокупность стадий и этапов, один из вариантов которого представлен на рисунке 1.

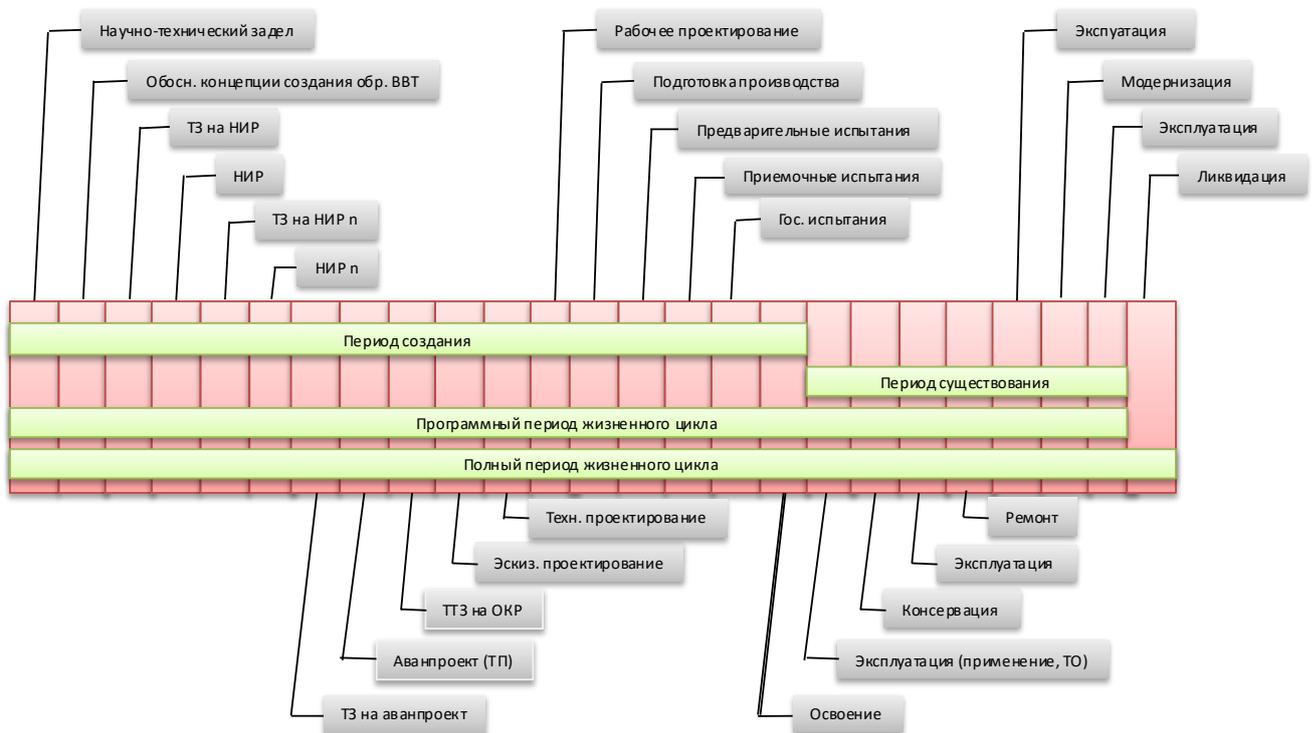


Рисунок 1 – Схема жизненного цикла ВВТ (вариант)

Источник: составлено на основе [69].

В реализации данных процессов задействованы участники ЖЦ, которые условно можно разделить на представителей ОПК и МО РФ, каждый из которых является элементами военной организации РФ.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 30.12.2016 № 1567 «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции», вступившее в силу с 1 марта 2017 года, регулирование процессов создания ВВТ регламентируется государственными стандартами серии «Система разработки и постановки на производство военной техники» (СРПП ВТ), которые подлежат применению всеми участниками ЖЦ независимо от форм собственности и подчинения, расположенными на территории РФ и участвующими в выполнении работ на стадиях ЖЦ [66].

Основой данного комплекса стандартов является регламентированное типовое содержание и порядок выполнения работ на стадиях ЖЦ от момента формирования заказчиком исходных требований к выполнению НИР по созданию изделий ВТ до момента их снятия с эксплуатации, а также процессы последовательного изменения состояний изделий ВТ и взаимосвязь стадий ЖЦ. Установлены ряд терминов и их определений в области ЖЦ изделий ВТ (таблица 1).

Определена модель взаимодействия и распределения функций и задач между заказчиком и исполнителем ГОЗ, которая имеет ряд особенностей, среди них:

основной акцент сделан на процессы создания изделий ВТ (это следует даже из названия данной системы стандартов – «Разработка и постановка на производство...»), процессы эксплуатации и капитального ремонта регламентированы только в части, касающейся выпуска бюллетеней, проведения авторского и гарантийного надзора предприятиями промышленности, работой по предъявлению рекламаций;

не предусмотрены вопросы документирования и обмена данными по эксплуатационным характеристикам изделий ВТ;

предполагается, что управление характеристиками изделия осуществляется почти исключительно силами заказчика;

ограниченное участие специалистов ОПК в процессах обеспечения эксплуатации изделий ВТ, развития и сопровождения системы технической эксплуатации изделий;

не регламентированы содержание деятельности по управлению ЖЦ изделий ВТ, объекты управления, субъекты управления (СубУ) в виде конкретного состава участников ЖЦ, выполняемых ими задач и функций по управлению ЖЦ, порядок взаимодействия заказчика и исполнителя на протяжении полного ЖЦ.

Известен ряд национальных стандартов [82, 83] в области управления ЖЦ продукции военного назначения, в которых, в отличие, от СРПП ВТ регламентированы СубУ состав участников ЖЦ ПВН, объекты управления, задачи и функции управления ЖЦ. Их использованию в управлении ЖЦ ВВТ препятствует не адаптированный к специфике ЖЦ ВВТ состав участников ЖЦ и стадии ЖЦ, ориентированные в большей мере на иностранного заказчика.

Таблица 1 – Термины, регламентированные государственными стандартами СРПП ВТ

Наименование термина	Источник	Определение
Жизненный цикл изделия военной техники	ГОСТ РВ 52006 - 2003	совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий ВТ от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации и списания (окончания применения и (или) хранения)
Стадия жизненного цикла изделия военной техники	ГОСТ РВ 52006 - 2003	часть ЖЦ изделий ВТ, характеризующаяся совокупностью выполняемых работ и их конечными результатами
Создание	ГОСТ РВ 52006 - 2003	совокупность стадий ЖЦ изделий ВТ от формирования исходных требований до окончания их производства
Исследование и обоснование разработки	ГОСТ РВ 52006 - 2003	стадия ЖЦ изделий ВТ, характеризующаяся выполнением совокупности работ по формированию исходных требований к изделиям, изысканию и обоснованию принципов их создания
Разработка	ГОСТ РВ 52006 - 2003	стадия ЖЦ изделий ВТ, характеризующаяся выполнением совокупности работ по разработке технической документации на изделия ВТ, изготовлению и испытанию опытного образца, головного образца или партии опытных образцов изделий ВТ, корректировке и утверждению документации после их государственных испытаний

Наименование термина	Источник	Определение
Производство	ГОСТ РВ 52006 - 2003	стадия ЖЦ изделий ВТ, характеризующаяся выполнением совокупности работ по организации и осуществлению их промышленного изготовления
Эксплуатация	ГОСТ РВ 0101-001-2007	стадия ЖЦ изделий ВТ, включающая ввод в эксплуатацию, приведение в установленную степень готовности по назначению, поддержание в установленной степени готовности к этому использованию, использование по назначению, хранение и транспортирование, снятие с эксплуатации и списание
Капитальный ремонт	ГОСТ РВ 15.004-2004	стадия ЖЦ изделий ВТ, характеризующаяся выполнением совокупности работ по разработке ремонтной документации на изделия ВТ, проведению опытного ремонта одного или нескольких изделий, или установочной партии изделий ВТ, их испытаний, корректировке и утверждения ремонтной документации, а также выполнением совокупности работ по организации и осуществлению их ремонтного производства

Источник: составлено на основании [69, 77].

Таким образом, отсутствие базовой терминологии в области управления ЖЦ не позволяет установить конкретный состав участников ЖЦ ВВТ и выстроить структуру системы, осуществляющей координацию их деятельности на протяжении всего ЖЦ.

В целом существующий порядок реализации ЖЦ обеспечивает организационное взаимодействие участников ЖЦ, осуществляющих создание и эксплуатацию ВВТ.

При этом проводимая в настоящее время военно-техническая политика ведущих государств в области развития сухопутных сил сосредоточена на следующих основных направлениях [30]:

универсализация, информатизация и интеллектуализация изделий, придание им возможностей интегрирования (комплексирования) в боевые системы требуемого облика с качественно новыми многофункциональными свойствами;

повышение точности и эффективности нанесения ударов по различным объектам противника, придание возможностей интеграции с другими видами высокоточного оружия;

обеспечение технических возможностей комплексирования для применения высокоинтеллектуального оружия в целях решения широкого круга задач,

требующих быстрого обнаружения, распознавания, поражения целей противника и контроля за эффективностью их поражения;

максимальная унификация изделий, их подсистем и агрегатов;

создание систем и средств встроенного диагностирования, неремонтируемых и необслуживаемых технических элементов, основанных на магистрально-модульном принципе построения. Таким образом, все более устойчиво проявляется тенденция к увеличению технической сложности создаваемого и модернизируемого ВВТ.

Широкое применение цифровых элементов привело к увеличению трудоемкости и технологической сложности эффективного обслуживания изделий при эксплуатации. Поэтому повышение технических и эксплуатационных характеристик изделий ВВТ связано с разработкой новых методов и средств диагностирования, с необходимостью всестороннего учета и анализа воздействующих факторов, комплектующих элементов и их составных частей. Более подробно данные вопросы рассмотрены в исследовании [102].

Основываясь на приведенных рассуждениях, можно сделать как минимум два вывода. Первый из них состоит в том, что современное ВВТ имеет очень высокий уровень конструктивной и технической сложности исполнения и наукоемкости используемых при его создании технологий, второй заключается в необходимости наличия соответствующих сил, средств, компетенций у эксплуатирующего и обслуживающего персонала, позволяющих обеспечить требуемый уровень готовности ВВТ.

Следует понимать, что в настоящий момент существенная часть ВВТ поставленная в ВС РФ находится на гарантии завода-изготовителя, менеджмент которых заинтересован в выполнении контрактных обязательств. Поэтому при военных частях находятся специальные представители, функционал которых состоит в оперативном выявлении дефектов, отказов, неисправностей, это позволяет несколько сократить сроки прибытия требуемых специалистов и поставки запасных частей. Но в то же время в контракте не содержится конкретных требований к значениям временных показателей, характеризующих проводимые

работы, и не влечет какой-либо ответственности организаций, осуществляющих сервисное обслуживание.

Поэтому далее будет более подробно рассмотрено содержательное наполнение действующего нормативно-технического обеспечения стадии «разработки» изделий военной техники. Ключевым моментом в разработке изделий ВВТ является формирование ТТЗ на ОКР, от качества которого во многом зависит последующее выполнение принципа военно-экономической целесообразности его создания. В соответствии с действующей в машиностроении практикой разработки и согласования технической документации при создании и постановке на производство новых (модернизируемых) изделий ВВТ, на этапе разработки тактико-технического задания на опытно-конструкторские работы (ТТЗ) проектировщики разрабатывают карту технического уровня и качества продукции. Совместно эти два нормативных документа через систему показателей должны отразить содержательную сторону ответственности:

заказчика – за обоснование требований;

разработчика – за достижение заданных заказчиком требований;

производителя – за обеспечение требований в процессе производства.

Формально реализация этих требований требует отражения в технической документации (ТД) системы качественных и количественных характеристик, технических и экономических показателей и последовательность их непрерывной реализации. Однако в карте ТУ и качества изделий ВВТ отражаются лишь основные характеристики изделий ВВТ, такие как надежность, материалоемкость, а также требования по безопасности труда и охране окружающей среды.

Анализ современного уровня отражения экономических показателей в ТТЗ, КТУ, ТП на стадии НИОКР [70] показывает, что ТД максимально охватывает следующие группы показателей: трудоемкость, материалоемкость, оптовую цену и себестоимость, ориентировочную экономическую эффективность, приведенные затраты на изготовление, срок окупаемости затрат на разработку и освоение производства, предполагаемую потребность в ВВТ.

В техническом проекте в разделе «Экономические показатели комплекса» содержится информация по экономической эффективности, предполагаемым объемам выпуска (потребностей) ВВТ на пять лет, лимитная цена изделий и ориентировочные значения трудоемкости изготовления в серийном производстве. Также в проектных документах отсутствуют показатели нормативных сроков обновления изделий ВВТ, и обоснованность их экономической целесообразности, не приведены нормативы освоения ВВТ в эксплуатации и влияние задержки освоения на снижение общей эффективности, отсутствуют данные о затратах на каждой стадии ЖЦ, не предусмотрена оценка действительной эффективности ВВТ в производстве и эксплуатации.

Перечисленные показатели в определенной мере характеризуют стороны экономики ВВТ на ее отдельных стадиях, но не предусматривают охват полного ЖЦ, так как в СРПП ВТ данная задача нормативно не закреплена.

Ориентация проектных документов на реализацию локальных экономических задач, усиленная организационной разобщенностью стадий разработки и создания, особенно на стыках этапов, в которых задействованы большое количество научных и производственных организаций различных форм собственности, действующих в ситуации неполной осведомленности о текущем состоянии изделия ВВТ (или прогнозируемым далее по ЖЦ), о действиях и целях друг друга и о потребностях эксплуатантов, приводит к разработке оригинальных, технически сложных узлов, агрегатов и комплектующих, что влечет возрастание стоимости ВВТ и в конечном счете увеличивает прибыль производителей.

Однако рост качества ВВТ может обеспечивать значительную экономию ресурсов в эксплуатации, но приводит к увеличению затрат на разработку или производство, в таком случае разработчики и производители не заинтересованы в выпуске такого ВВТ, поскольку в этом случае снижаются их доходы. На практике это приводит к росту показателей, отражающих целевое предназначение при одновременном снижении их надежности.

Как свидетельствуют данные многочисленных источников [14, 17, 18, 124, 198, 200, 201], рост безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости,

долговечности изделий машиностроения приводит к увеличению затрат на изготовление и вместе с тем обеспечивает снижение текущих эксплуатационных расходов: сокращение потребления запасных частей, затрат на устранение отказов, увеличение межремонтных циклов и уменьшение затрат на различные виды ремонта, что приводит в целом к экономии суммарных затрат.

Действующая организация процесса разработки и производства военной техники, в силу ряда объективных причин, в большей мере ориентирована на обеспечение высокого ТУ изделий. К их числу необходимо отнести:

1) нацеленность на регламентацию перечня и нормативных требований в основном тактических, технических, количественных и качественных показателей, т. е. на техническое проектирование изделий ВВТ;

2) неэффективное применение программно-целевого метода планирования для создания изделий ВВТ; частным моментом здесь выступает слабая связь показателей оценки стадий НИОКР с оценочными показателями последующих стадий ЖЦ ВВТ;

3) ориентация экономических целей проектирования изделий ВВТ на минимизацию в первую очередь затрат стадий «НИОКР-производство». Данный фактор обусловлен дуализмом функционирования компонент военной организации РФ: с одной стороны, заказчик в лице Минобороны России заинтересован в высокоэффективном и сравнительно недорогом ВВТ для обеспечения национальной безопасности, а с другой – предприятия ОПК, задействованные в создании, являются коммерческими организациями, цель существования которых – получение и максимизация прибыли. Совместить эти цели в современных условиях достаточно сложно;

4) неадекватность критериев оценки эффективности разрабатываемого ВВТ критериям оценки всего ЖЦ;

5) нацеленность предприятий-разработчиков на создание сложных и оригинальных изделий ВВТ;

6) отсутствие единого информационного пространства всех стадий ЖЦ.

Отсутствие в настоящее время взаимосвязанной структуры технико-экономических показателей, согласованных по всем стадиям и этапам, не позволяет оптимизировать его параметры в масштабах полного ЖЦ ВВТ и обуславливает необходимость осуществления их информационной интеграции.

Также из приведенных рассуждений можно сделать вывод о том, что реализуемый на сегодняшний день порядок контроля процессов создания ВВТ заказчиком недостаточно эффективен, что приводит к *разработке оригинальных, технически сложных изделий, локальной оптимизации затрат, последующему снижению значений показателей надежности и увеличению расходов на стадии эксплуатации.*

Не менее сложной является ситуация с однозначным пониманием требований заказчика всеми участниками ЖЦ ВВТ. В результате проведения научно-исследовательских работ формируются тактико-технические требования к комплексу, которые в дальнейшем систематизируются в ТТЗ на ОКР. ТТЗ представляет текстовый документ, содержащий описание требуемых заказчику качественных и количественных характеристик, свойств и функций ВВТ.

Проектировщик, в свою очередь, должен провести декомпозицию и детализацию данных требований к элементам ВВТ и выработать конкретные технические решения, позволяющие выполнить данные требования. Данная деятельность, как правило, связана с выработкой альтернативных решений, при этом каждое из них состоит из собственного уникального набора компонентов, требований к размещению, стоимостных характеристик и подразумевает определенное взаимодействие между элементами ВВТ.

Описанную ситуацию усложняет отсутствие эффективного механизма обмена информацией между заказчиком и проектировщиком. Сложные образцы ВВТ, как правило, состоят из множества технически сложных элементов, каждый из них включает множество подсистем, агрегатов и узлов, различающихся назначением и конструктивным исполнением. Поэтому в процессы проектирования вовлечено множество конструкторских коллективов, занимающихся разработкой специфических компонент и, как правило, не

имеющих представления о действительных потребностях заказчика и тем более эксплуатанта.

Поэтому процесс реализации требований ТТЗ тесно связан с их дальнейшей *проверяемостью*, т. е., задавая требования, заказчик должен обеспечить понятный всем заинтересованным сторонам механизм их верификации и валидации. Например, достаточно понятен порядок проверки требований по минимальной и максимальной дальности пусков средств поражения, но в то же время проверка требования к пусковым установкам по пуску 100 и более ракет любого типа является достаточно трудно реализуемой.

Исходя из этого можно, констатировать, ***что в существующей системе разработки ВВТ присутствуют разные подходы исполнителей и заказчиков к восприятию проектной информации, что приводит к возникновению риска принятия неверных управленческих решений заказчиком по результатам этапов ЖЦ.***

Весьма важным параметром ЖЦ ВВТ является его структура. Она представляет собой совокупность стадий, характеризующих относительно автономные виды работ, осуществляемых в ходе ЖЦ. В свою очередь, стадии по видовому признаку выполняемых работ могут подразделяться на подстадии, этапы и подэтапы, работы, процессы.

Существующая модель структуры ЖЦ ВВТ характеризуется тем, что этапы строго последовательны и переход между ними невозвратный. Это означает, что в рамках данной модели переход к следующему этапу может произойти только по завершении предыдущего этапа. К достоинствам данной модели следует отнести возможность планирования сроков и стоимости каждого этапа, однако на практике разработка ВВТ почти никогда не проходит строго в соответствии с заранее продуманной схемой и требует возможности ее корректировки и пересмотра. В частности, на ранних стадиях ЖЦ присутствует высокая степень неопределенности и рисков в реализации проекта, которые крайне сложно заранее предусмотреть. Поэтому в дальнейшем могут возникнуть обстоятельства, которые повлекут необходимость возврата на предыдущий этап, приостановки проекта или вовсе его

окончания. Сравнительно легко производить корректировку требований заказчика на ранних этапах ЖЦ (разработка ТТЗ, ЭП, ТП), сложнее осуществить изменения в рабочей конструкторской документации (РКД) и тем более в разработанном опытном образце. Существующий порядок выделения денежных средств на мероприятия ЖЦ [209, 210] предполагает охват финансированием крупных этапов и стадий (ОКР, контракт на серийное производство, контракт на сервисное обслуживание), т. е. даже при выявлении недостатков различного масштаба изделия ВТ будут разработаны и представлены на испытания. Следовательно, в наиболее критических рубежах ЖЦ отсутствует возможность принятия альтернативных решений. Данный момент в национальных стандартах [82, 83] уже учтен, но в стандартах серии СРПП нет.

На рисунке 2 представлена существующая модель ЖЦ, разработанная с использованием методологии функционального моделирования, получившей широкое распространение [176] как эффективный инструмент получения объективной информации о проводимых мероприятиях или работах, направленных на создание определенного продукта (изделия).

Ее возможности, позволяют выявить системные недостатки в рассматриваемом процессе, причем данная методология совмещает два подхода к моделированию, суть которых состоит в том, что первый из них позволяет смоделировать процесс с позиции «как есть», в свою очередь второй – с позиции «как надо», что особенно полезно в нашем случае.

В качестве информационной основы для моделирования ЖЦ было использовано нормативно-техническое обеспечение [69], которое устанавливает структуру реализуемых процессов, содержание и последовательность их осуществления от момента начала исследований по обоснованию разработки ВВТ до снятия с эксплуатации и списания.

В то же время описанная ситуация имеет важный экономический аспект, который является также производным от качественных параметров ВВТ. При формировании ТТЗ на ОКР заказчиком установлены конкретные показатели готовности изделий ВВТ, которые тесно связаны со стоимостью его разработки и

изготовления, т. е. стоимость создания ВВТ должна гарантировать требуемый уровень готовности изделий. Невыполнение данных требований влечет, с одной стороны, увеличение финансовых затрат, обусловленных необходимостью поддержания требуемого уровня готовности образцов ВВТ, а с другой – уменьшение общей продолжительности нахождения в боеготовом состоянии.

Необходимость в разработке нового или модернизации существующего технически сложного образца ВВТ возникает как правило раз в 7-15 лет по причине морального старения [147]. Эти сроки могут значительно сократиться при появлении у вероятного противника аналога с более высоким техническим уровнем, что приводит к сокращению периодов эксплуатации ВВТ и росту его обновляемости в применении. При этом необходимо понимать, что технически сложный образец ВВТ, как и любая другая сложная техническая система, подчиняется законам физического и морального старения техники, правильное понимание которых при управлении процессами ЖЦ позволяет достичь ряда полезных эффектов.

Применительно к специфике управления ЖЦ ВВТ, проявление закона физического старения используется разработчиками при обосновании сроков проведения мероприятий по ТОиР, назначенных сроков эксплуатации, необходимых объемов ЗИП, а также ряда других показателей. Методическое обеспечение для определения данных показателей имеет глубокую научную проработку и, как правило, не вызывает больших затруднений при проектировании.

В свою очередь, влияние закона морального старения на ЖЦ ВВТ не столь очевидно и зависит от множества внутренних и внешних факторов. Дело в том, что сроки морального старения ВВТ обусловлены не только значениями его ТТХ, но и во многом определяются значениями ТТХ противодействующих систем и систем-аналогов. На любом из этапов ЖЦ ВВТ вполне вероятно появление новых видов вооружения у потенциальных противников с более высокими характеристиками, что повлечет снижение боевой эффективности как разрабатываемого вооружения, так и находящегося в эксплуатации.

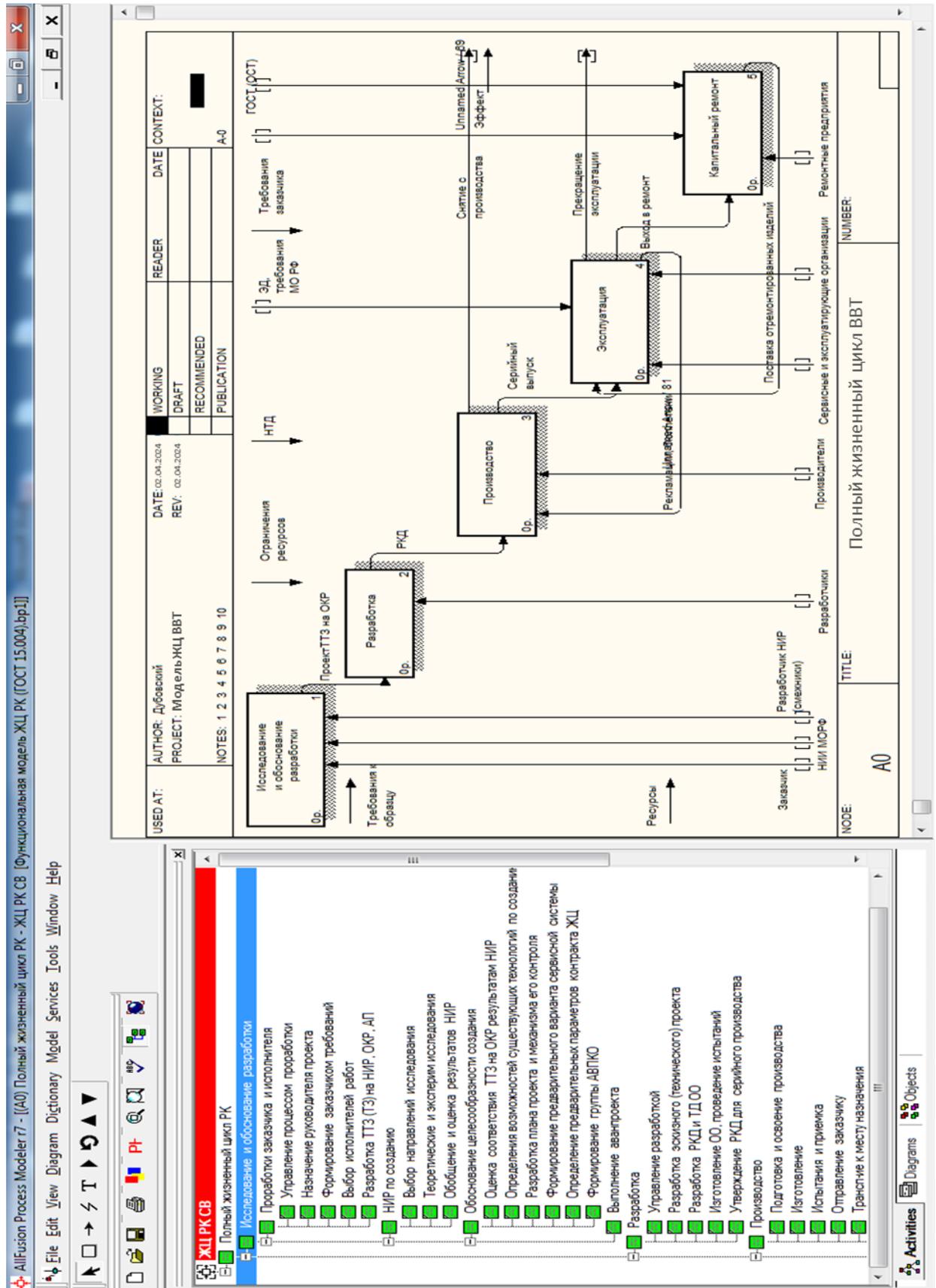


Рисунок 2 – Существующая модель ЖЦ

Источник: разработано на основании использования [110].

В связи с этим обстоятельством принципиальное значение приобретает оценивание технического уровня на этапах ЖЦ и прогнозное оценивание его временных показателей, учитывающих динамику развития вооружения и противодействующих систем.

Рассматривая ЖЦ с системных позиций (рисунок 2), было установлено отсутствие организационной структуры, осуществляющей функцию координирования органов управления (ОУ) заказчика на стадиях ЖЦ, что приводит к несогласованности мероприятий, планируемых в рамках ГПВ, и мероприятий, связанных с непосредственной эксплуатацией [173]. Дело в том, что планирование мероприятий в рамках ГПВ (НИОКР, производство, модернизация, капитальный ремонт) находится в сфере ответственности заместителя Министра обороны РФ, отвечающего за организацию военно-технического обеспечения войск (сил), тогда как планирование мероприятий, связанных с непосредственной эксплуатацией ВВТ, проведения ремонта и технического обслуживания, лежит в зоне ответственности заместителя Министра обороны РФ, отвечающего за организацию материально-технического обеспечения войск (сил), а также Главного командования СВ, командований округов (рисунок 3).

При этом формируемые в соединениях, армиях и военных округах сводные, перспективные и годовые планы эксплуатации и выхода в ремонт в настоящее время в соответствии с действующим порядком их формирования и исполнения в Главное управление вооружения ВС РФ не поступают и не согласовываются. Поэтому планирование мероприятий в рамках ЖЦ ВВТ по линии ГПВ осуществляется без учета состояния и возможностей системы технического обеспечения ВВТ. Схожая ситуация наблюдается в ОПК, где государство пытается реформировать наукоемкие отрасли «сверху вниз», но пока это не дает ощутимых результатов.

Из этого следует, что реализация ЖЦ ВВТ в настоящее время осуществляется в условиях функционально-ориентированных структур управления и размытости границ зон ответственности как между МО РФ и предприятиями ОПК, так и между их подсистемами. Такая форма организации управления ЖЦ ВВТ, где каждый

участник ЖЦ отвечает исключительно за свой «участок работ» и слабо связан с другими участниками, задействованными в общем процессе создания и эксплуатации изделий, не позволяет реализовывать в полном объеме потенциальные возможности ВВТ и решить проблему обоснования облика СУ ПЖЦ.

Ответственное лицо	ЗМО РФ, отвечающий за организацию ВТО войск (сил)			Начальник ГШ ВС РФ – первый заместитель МО РФ ЗМО РФ, отвечающий за организацию МТО войск (с)		ЗМО РФ, отвечающий за организацию ВТО войск (с)			
Основные нормативные документы	Указ Президента РФ от 2.07.2013 г. № 599 «Об утверждении Правил разработки и реализации ГПВ». Ф3 РФ от 29.12.2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе». Указ Президента РФ от 7.05.2012 г. № 603 «О реализации планов (программ) строительства и развития ВС РФ, других войск, воинских формирований и органов и модернизации ОПК» Ф3 от 05.04.2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд». Приказ МО РФ от 28.03.2018 № 150 «Об осуществлении МО РФ функций гос. заказчика ГОЗ в части ВВСТ и ВТИ»			Пр МО РФ от 2009 г. № 43 «О принятии на вооружение ВС РФ образцов ВВСТ и ВТИ» Пр МО РФ от 2013 г. № 300 дсп «Об утверждении Рук-ва по учету ВВСТ...»		Пр МО РФ от 2013 г. № 969 «Об утверждении Руководства по содержанию ВВТ ОВН, ВТИ в ВС РФ» Пр МО РФ от 2023 г. № 700 «Об утверждении Рук-ва по организации ТОиР, сервисного обслуживания ВВСТ в ВС РФ в МВ»		Указ Президента РФ от 2.07.2013 г. № 599 «Об утверждении Правил разработки и реализации ГПВ» Ф3 РФ от 29.12.2012 г. № 275-ФЗ «О ГОЗ»	Пр МО РФ от 2012 г. № 960 «Об утверждении Положения об управлении реализацией в МО РФ ФЦП «Промышленная утилизация» Пр МО РФ от 2013 г. № 222 «Порядок списания с учета ВВТ ...»
Ответственный орган: МО РФ	ГУВ ВС РФ; ДОВУ МО РФ; ЗОВУ МО РФ; ГУ ВП; НИО; ВНК		ЗОВУ МО РФ; ГУ ВП;	ДОВУ МО РФ	ГРАУ МО РФ; Управление РВиА СВ	ДОВУ МО РФ; ЗОВУ МО РФ	ГУВ ВС РФ; ДОВУ МО РФ; ЗОВУ МО РФ		
ОПК	Главный конструктор		Головной изготовитель		Головной изготовитель Головной разработчик				
Плановые документы	ГПВ, ГОЗ				Комплексная программа оснащения переснащения в/ч ВС РФ	ГПВ, ГОЗ; Сводный перспективный и годовой планы эксплуатации и выхода в ремонт	ГПВ, ГОЗ	ФЦП «Промышленная утилизация ВВТ»	
ГОСТ	ГОСТ РВ 15.000 Система разработки и постановки продукции на производство								
Исполнители	Предприятия ОПК, НИО, ВВУзы МО РФ		ДОВУ МО РФ, предприятия ОПК		Предприятия ОПК	Предприятия ОПК; ВРО Р5бр	Предприятия ОПК	Предприятия ОПК; воин. подразделения МО РФ	
Стадии и этапы ЖЦ	НИР	ОКР	Производство (модернизация)	Закупка	Поставка	Эксплуатация (сервисное обслуживание)	Капитальный ремонт	Утилизация	

Рисунок 3 – Характеристика основных этапов ЖЦ ВВТ

Источник: составлено на основе [173] и адаптировано с учетом [180, 206, 209, 210].

В данном случае особую важность приобретает наличие единых для всех участников ЖЦ ВВТ цели и задач, позволяющих консолидировать интересы всех сторон, и соответствующего интегрального показателя, представляющего собой оценочный функционал и характеризующего эффективность облика СУ ПЖЦ. При отсутствии этих системообразующих установок любая система оказывается неработоспособной. Только такой подход позволит провести детальный анализ взаимозависимостей между процессами ЖЦ ВВТ, выявить источники повышения их эффективности и установить над ними контроль.

Усложняет данную ситуацию существующая закрытость корпоративных отношений предприятий ОПК. Несмотря на то, что предоставление отчетности общественности и публичное ведение дел предприятиями требуется законодательством [211], в отечественной практике акционерные общества недостаточно раскрывают информацию о значимых фактах своей деятельности на общедоступных ресурсах. Информация в основном распространяется через условно открытые системы, в которых в свободном доступе размещаются лишь краткие сведения о предприятии, а круг пользователей, имеющих доступ к полным сведениям, ограничен руководством и представителями власти. В государственных корпорациях информационная закрытость приобретает еще более острый характер, т. к. никаких требований к этим организациям о раскрытии информации о своей деятельности в современном российском законодательстве не существует. Этот факт препятствует формированию прозрачных отношений участников ЖЦ и не позволяет получать достоверные оценки стоимостных затрат на разработку и производство изделий ВВТ.

Таким образом, для существующего порядка управления процессами создания и эксплуатации ВВТ (рисунок 5) характерно наличие нескольких СубУ, относящихся к различным ведомствам (довольствующие ОБУ, НИО, ВП, аппарат главного конструктора) и выполняющих определенные функции (обоснование требований, реализация требований, контроль выполнения требований).

В качестве ОБУ выступают: требования заказчика, технические условия, тактико-технико-экономические характеристики и временные характеристики процессов ЖЦ. Отсутствие единой цели и задач управления не позволяет обеспечить достижение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ.

Другим, немаловажным аспектом следует считать дуализм целей участников ЖЦ ВВТ, которые зачастую не совпадают. Поэтому в этих условиях необходим поиск таких решений по управлению ЖЦ, которые способствовали бы достижению консенсуса между ними, что подразумевает решение следующей триединой задачи: создание высококачественных изделий ВВТ, дающих максимальную экономию всей совокупности ресурсов или максимально удовлетворяющих

потребности эксплуатантов при совокупных минимальных затратах на единицу этих потребностей; обеспечение минимально-приемлемых сроков разработки и освоения проектных технико-экономических показателей ВВТ в сфере производства и максимальное использование эксплуатационных свойств рассматриваемого ВВТ [104, 124].

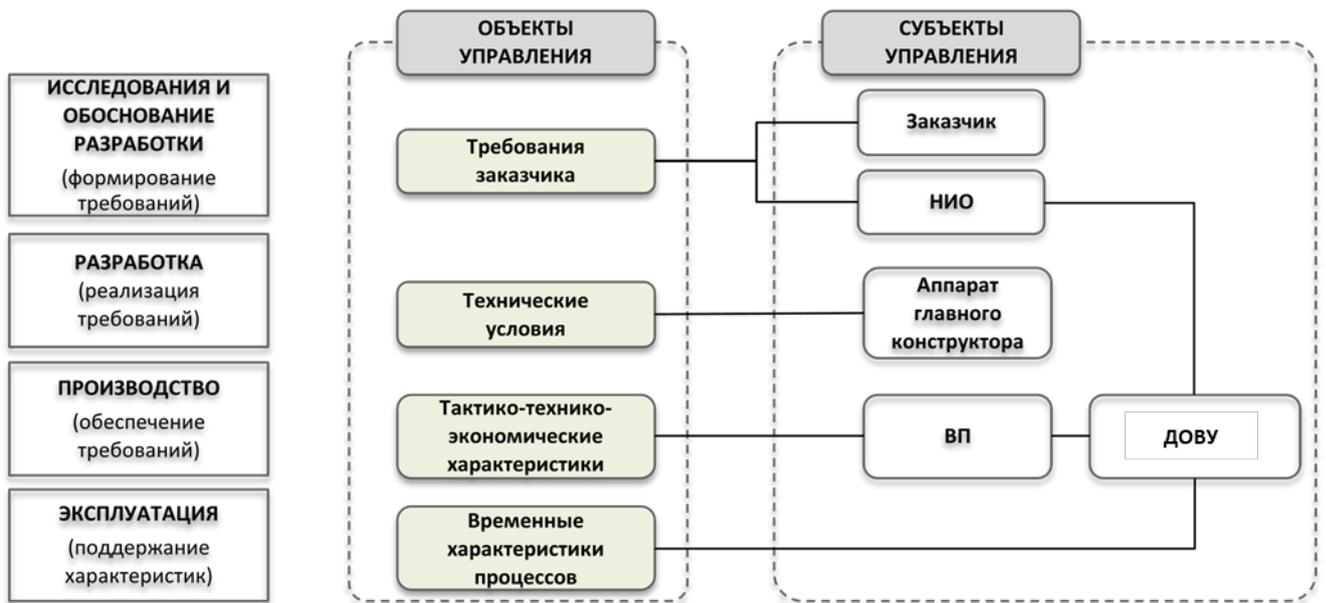


Рисунок 4 – Существующий порядок управления процессами создания и эксплуатации ВВТ

Источник: составлено авторами.

Концептуально воплощение такого подхода указывает на необходимость перераспределения ответственности участников ЖЦ в отношении исправности и готовности ВВТ на стадии эксплуатации и смещение акцента контроля заказчика на ранние этапы создания ВВТ. В результате заказчик в лице эксплуатирующих организаций получает более надежное ВВТ, а производители и поставщики получают дополнительный источник прибыли в ходе сопровождения эксплуатации [41, 42, 43, 46, 47, 62].

Поэтому реализация такого подхода указывает на необходимость создания новой системы, возможности которой позволили бы осуществить координацию

деятельности всех участников ЖЦ ВВТ от момента возникновения замысла о создании ВВТ до момента его снятия с эксплуатации и последующего списания.

1.2 Закономерные предпосылки формирования контрактов жизненного цикла вооружения и военной техники

Происходящие повсеместно процессы экономической интеграции государственных организаций и бизнес-структур не могли остаться в стороне от военной организации Российской Федерации. В условиях обострения конкурентной борьбы, интенсификации рыночных отношений между участниками рынка предприятиям промышленности, производящим сложную наукоемкую продукцию, крайне необходимо иметь возможность непрерывно повышать качество всех процессов, эффективность деятельности за счет ускорения исследований и разработки продукции, сокращения издержек при производстве и в ходе эксплуатации, уровень сервиса и технического обслуживания. Решение этих задач невозможно обеспечить отдельными разработчиками и производителями, и потребовало объединения наукоемких предприятий в крупные корпорации (рисунок 5).

Функционирование подобных организационно-экономических систем создает необходимые предпосылки для единого управления всеми стадиями ЖЦ ВВТ, при условии ориентации их деятельности на выверенную систему показателей и критериев, заложенных в соответствующих контрактах.

Наибольшее развитие в настоящее время получила технология аутсорсинга [140], подразумевающая передачу ряда несвойственных функций от частей и подразделений МО РФ к частным компаниям. Как правило, она затрагивает мероприятия, связанные с питанием, обеспечением вещевым имуществом и т. п. В свою очередь привлечение производителей ВВТ к послепродажному обслуживанию в настоящее время осуществляется, как правило, в рамках контрактов по сервисному обслуживанию, предмет которых состоит в проведении регламентированного перечня операций по обслуживанию образцов

ВВТ, при этом ответственность за техническое состояние и готовность обслуживаемого ВВТ к выполнению задач по предназначению остается за эксплуатантами. Такое положение является не допустимым, так как правовой аспект противоречит техническому и требует выработки альтернативного варианта, учитывающего интересы всех заинтересованных сторон, вовлеченных в данные процессы.

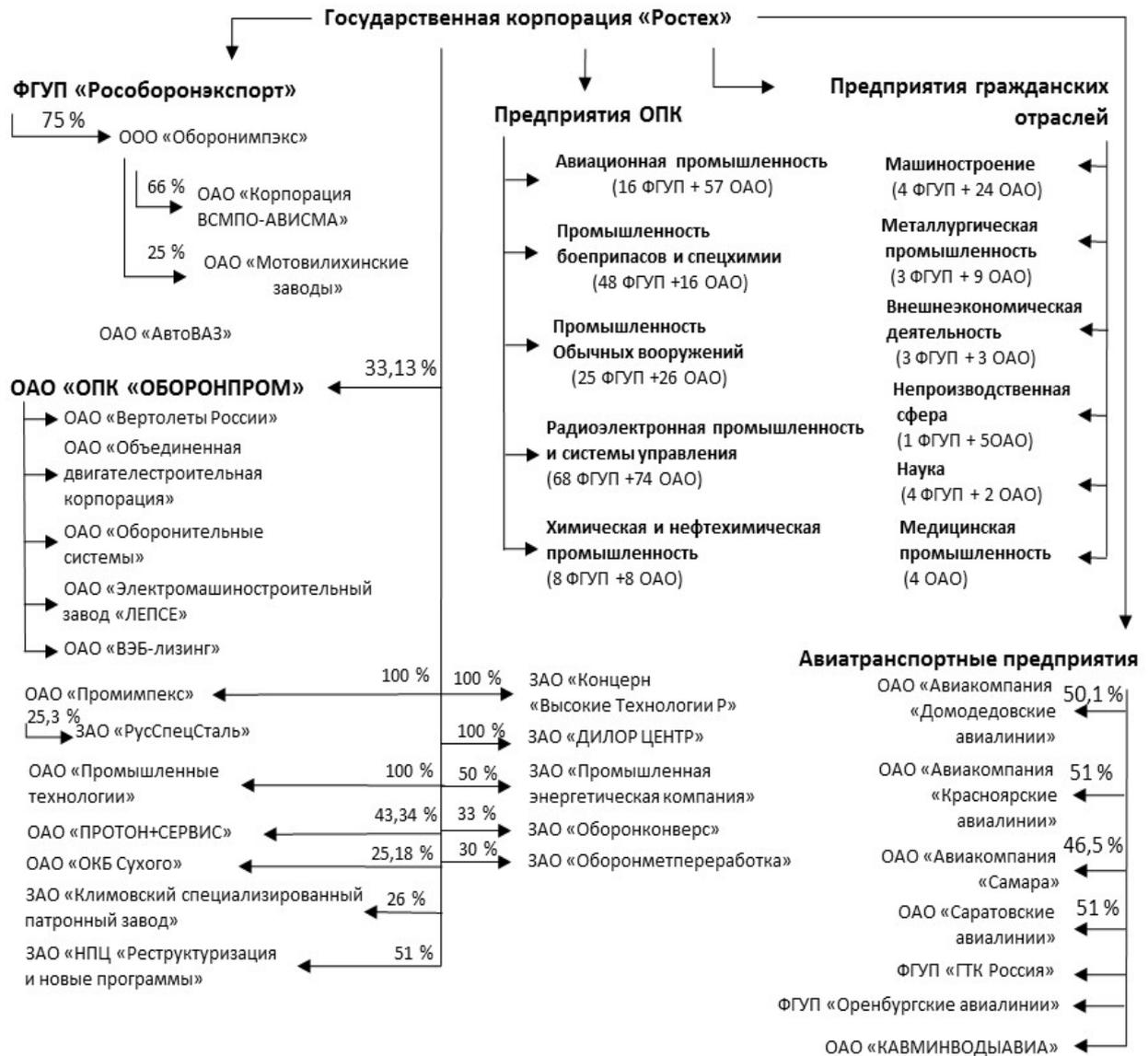


Рисунок 5 – Развитие государственных корпораций в наукоемких отраслях
Источник: составлено на основании [155].

О необходимости заключения контрактов жизненного цикла ВВТ было заявлено Министром обороны Российской Федерации еще в феврале 2013 года на

встрече с представителями предприятий оборонно-промышленного комплекса [131, 209, 210, 218].

Определенный оптимизм добавляет тот факт, что в его поиске заинтересованы все участники ЖЦ ВВТ, каждый из которых преследует свой прагматический интерес. Так, заказывающий орган МО РФ получает образец с требуемыми ТТХ в соответствии с задачами, решаемыми ВС РФ, исполнитель на основании долгосрочных обязательств, подразумевающих гарантированное финансирование своей деятельности, может уверенно планировать свою деятельность на среднесрочную и долгосрочную перспективу, а эффект для эксплуатирующих организаций заключается в возможности получения требуемых значений эксплуатационно-технических характеристик ВВТ с помощью сторонних организаций.

Сущность организации такого формата взаимодействия состоит в необходимости перераспределения ответственности между участниками ЖЦ ВВТ. Это означает, что за техническую готовность образцов ВВТ отвечает уже не только эксплуатант, а предприятие, с которым заключен контракт ЖЦ. В таком случае производитель будет заинтересован в создании более надежных образцов ВВТ, что в дальнейшем позволит минимизировать затраты на ТОиР. Со своей стороны, заказчик в лице МО РФ обязуется выполнять условия контракта, в том числе и финансовые. Очевидно, что такой шаг повлечет смену существующей парадигмы взаимодействия МО РФ и предприятий Оборонно-промышленного комплекса, от успешности осуществления которого во многом будет зависеть эффективность систем вооружения.

Данный вид контракта имеет качественные отличия от традиционной схемы государственных закупок и как правило связан с необходимостью учета широкого спектра рисков, сопутствующих их реализации (таблица 2) и предполагает, что Минобороны будет возмещать предприятию затраты за разработку, производство, ППО и утилизацию на условиях поддержания заданного уровня технической готовности.

Концептуально такая схема взаимодействия устраивает каждого из участников ЖЦ ВВТ, но на практике ситуация не столь радужная, так как имеется ряд серьезных организационных и правовых барьеров, препятствующих их функционированию, они достаточно подробно рассмотрены в [116, 133, 175].

Таблица 2 – Сравнительный анализ контрактов ЖЦ и государственных закупок

Наименование показателя	Государственные закупки	Контракт жизненного цикла
Срок действия	3 года, обычно реализуются для определенного этапа (например, НИОКР, производство, сервисное обслуживание, ремонт), превышают 3 года в исключительных случаях	минимально 10-25 лет, в течение всего ЖЦ ВВТ
Мотивация разработчика (производителя)	мотивация отсутствует, т.к. финансирование происходит заранее	высокая. Качественно выполненная работа/услуга – гарантия получения максимальной прибыли и/или премии
Поддержка ВВТ в ходе эксплуатации	отсутствует, если данный этап не оплачен. Низкая или средняя, в случае оплаты этапа эксплуатации	высокая, т.к. в случае среднего или низкого качества – возможны штрафы и неустойки, а значит снижение прибыли
Выгода для ВС РФ	краткосрочная. Главное для разработчика (производителя) – прием образца ВВТ по результатам государственных испытаний	долгосрочная. Обеспечение требуемого уровня готовности образца на длительном промежутке времени
Оплата со стороны МО РФ	полная. МО РФ полностью оплачивает расходы разработчика (производителя)	полная. МО РФ полностью возмещает затраченные инвестиции с учетом заложенной в контракте нормы прибыли
Надежность входных денежных потоков	низкая. Зависит от ожиданий заказчика, инфляции, конъюнктуры рынка	средняя. Оплата гарантируется государством и зависит от качества образца ВВТ, предоставляемых услуг по поддержанию его в готовности к использованию по назначению и инфляции
Затраты на разработку (производство) образца ВВТ	как правило, низкие, т.к. разработчик (производитель) старается сэкономить	высокие, т.к. важно обеспечить высокий технический уровень ВВТ и качественное исполнение работ – от этого зависит скорейший его ввод в эксплуатацию, требуемый уровень готовности, а значит получение оплаты
Собственность ВВТ	собственник – МО РФ	собственник – МО РФ

Наименование показателя	Государственные закупки	Контракт жизненного цикла
Поддержка эксплуатации (сервисное обслуживание, отдельные виды ТО, текущий и средний ремонт)	поддержка эксплуатации образца ВВТ осуществляется по краткосрочным контрактам	стимулирование разработчика (производителя) к созданию надежного ВВТ и качественного сервиса в условиях умеренной эксплуатации. В случае превышения определенных эксплуатационных показателей необходима корректировка суммы платежей от государства или премия. В случае несоблюдения заданных показателей качества возможно наложение штрафов
Правовой механизм закрепления	ФЗ РФ от 05.04.2013 г. №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд»	отдельный закон не разработан

Источник: составлено на основании [92].

Контракты ЖЦ подтвердили свою эффективность во многих сферах экономики, в том числе и в оборонных ведомствах зарубежных стран. Но специфика функционирования ВС РФ в настоящий момент формирует ряд факторов, которые являются предметом рассогласований между Государственным заказчиком и предприятиями ОПК, влечет возникновение множества проблемных вопросов [19,132], без решения которых невозможно осуществить их реализацию.

Рассмотрим некоторые из них. Так, существующая система взаимодействия выстроена преимущественно для условий мирного времени и штатной эксплуатации ВВТ, что позволяет выдерживать плановые сроки обслуживания, достаточно обоснованно планировать комплекты требуемых запасных частей и принадлежностей, периодичность прибытия специалистов и пр. В свою очередь, для реализации процессов ЖЦ ВВТ в условиях особого времени характерна высокая неопределенность, источники которой находятся в:

невозможности прогнозирования мест использования по назначению;

наличии большого числа факторов, которые невозможно предусмотреть и спрогнозировать даже в вероятностной постановке;

высокой вероятности безвозвратных потерь изделий ВВТ;

отсутствии систематичности и регулярности применения образцов ВВТ, приводящих к нарушению периодичности обслуживания и преждевременной выработке ресурса;

большом разнообразии условий и мест эксплуатации, влияющих на период ЖЦ.

Значительно осложняет ситуацию отсутствие требуемой нормативно-правовой и нормативно-технической базы. Данный основополагающий аспект требует детальной проработки ряда вопросов, к которым в первую очередь следует отнести: доработку ФЗ-44 в части, касающейся утверждения перечня товаров и работ для нужд оборонного заказа, закупка которых осуществляется на основании заключения контрактов жизненного цикла; синхронизацию процедур планирования ГПВ, бюджета и ГОЗ; отсутствие механизмов регулирования и корректировки государственных контрактов, заключаемых на длительной основе.

Важно отметить, что заключение контрактов ЖЦ предполагает долгосрочную перспективу их применения, продолжительность которых составляет период до 30 лет. В условиях российской экономики планирование бюджета производится на 3 года, поэтому их заключение для предприятий ОПК представляет собой крайне рискованное мероприятие, так как не позволяет производить планирование развития в долгосрочной перспективе (расширять производственные мощности, привлекать дополнительные инвестиции, кредитование, расширять штат сотрудников и др.).

До сих пор не решены вопросы правового регулирования порядка привлечения специалистов к исполнению обязанностей в условиях особого времени; постгарантийного обслуживания ВВТ и порядка проведения утилизации изделий образцов, которые требуют, как минимум самостоятельных исследований и конструктивного диалога представителей промышленности и МО РФ.

Наличие данных условий и факторов указывает на потребность разработки соответствующего алгоритма действий, учитывающих выявленные особенности. При заключении контракта необходимо понимать, что ВВТ состоит из множества

изделий, каждому из которых свойственны свои особенности по ТО, ремонту, стоимости выполнения работ, времени морального старения и пр. Также вполне возможна ситуация, что ВВТ может находиться уже в эксплуатации или только планироваться к разработке. Поэтому применение общего подхода к заключению контрактов ЖЦ будет не обоснованным. В этих условиях целесообразно разработать механизм, который позволит осуществить селекцию ВВТ по различным признакам и на его основе проводить адаптацию контракта ЖЦ под характеристики конкретного изделия.

Резюмируя приведенные рассуждения, можно сделать вывод о том, что решение выявленных проблем представляется возможным получить только при помощи адаптированного методического сопровождения, позволяющего учесть интересы всех заинтересованных сторон, вовлеченных в данный процесс.

Проведенный аналитический обзор показал низкую жизнеспособность идеи заключения контракта ЖЦ на поставку и обслуживание образцов ВВТ на общих основаниях, но в то же время отказываться от такого инструмента государственно-частного партнерства (ГЧП), эффективность которого подтверждена мировым опытом, будет не совсем правильно и экономически нецелесообразно. Разумеется, что главным условием, определяющим эффективность контракта ЖЦ, является их правовая основа, которая разграничивает права и обязанности сторон, но в то же время переработке любого закона и нормативно-правового акта должна предшествовать тщательная проработка всех сопутствующих аспектов, к которым следует отнести организационные, технико-экономические и логистические. При этом их нельзя рассматривать отдельно в отрыве друг от друга.

Выше была доказана необходимость разработки нескольких типовых видов ЖЦ, имеющих различный функционал и адаптированных под конкретные потребности организаций, эксплуатирующих ВВТ и в то же время учитывающих интересы изготовителя. Такая постановка вопроса обусловлена прежде всего, наличием большого числа изготовителей и поставщиков и, как следствие, различной его сложностью, разнообразными условиями эксплуатации. Кроме того, необходимо учитывать, что в эксплуатации уже находится достаточно большое

количество комплектов ВВТ, сроки штатной эксплуатации которой заканчиваются, но в то же время нельзя обходить стороной вопросы поддержания их технической готовности на основе контрактов ЖЦ.

Исходя из этого, требуется классификация неких индикаторов, по проявлению которых возможно отнести конкретный образец под тот или иной вид контракта. Практическая реализация такого подхода заключается в необходимости выработки управленческого решения на основе использования результатов мониторинга эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), в ведении которого он находится.

Организация процесса мониторинга представляет собой сложный комплекс мероприятий. Рассмотрим основные его этапы, которые показаны на рисунке 7.

Первый этап – сбор информации об эксплуатационно-технических характеристиках изделий ВВТ. Данная информация должна быть полной и достоверной. Неполная или недостоверная информация может повлечь принятие ошибочных либо экономически не целесообразных решений. Чтобы полнее представить ситуацию используют не только количественную, но и качественную информацию, получаемую непосредственно от изделий ВВТ средствами объективного контроля.

Второй этап – идентификация элементов логистической поддержки ВВТ, к которым следует отнести исследование имеющейся сервисной сети и сервисных центров, определение их мест расположения, производственных возможностей, технологической оснастки и пр. Лишь только после идентификации этих метрик возможно получить достоверную картину, отражающую исходную обстановку.

Третий этап – разработка централизованной системы оценивания. На стадии принятия управленческого решения необходимо иметь адекватные оценки, способствующие достижению требуемого результата. Разработка данной системы подразумевает проведение глубокой аналитической работы ОУ заказчика, совмещающей статистическую обработку полученного на предыдущем этапе массива данных и его обобщение в удобную для работы форму.

Четвертый этап – это анализ стоимости работ по содержанию изделий ВВТ. Результаты, полученные на предыдущих этапах, позволяют перейти непосредственно к определению стоимостного эквивалента проводимых работ, на основе которого производить сопоставление и оценивание проводимых мероприятий по критерию эффективность-стоимость.



Рисунок 6 – Организационная схема взаимодействия заинтересованных сторон при реализации контракта ЖЦ

Источник: разработано на основании [133] материалов собственных исследований [103].

Пятый этап – выработка предложений по контракту ЖЦ, адаптированного под нужды конкретного изделия ВВТ. Содержание данного этапа направлено на формирование перечня конкретных ЭТХ, оказывающих наибольшее влияние на техническую исправность.

Шестой этап – это формирование заказа на поставку (обслуживание) ВВТ и заключение контракта ЖЦ с головным производителем (поставщиком) ВВТ. Наиболее ответственный этап, подразумевающий необходимость отстаивания интересов МО РФ как заказчика услуг, так и учета интересов предприятий ОПК. Кроме того, обязательно требуется выработка механизма корректировки условий контракта.

Седьмой этап – осуществляется заключение договора головного исполнителя (поставщика) с соисполнителями на разработку (производство) ВВТ или его обслуживание.

Восьмой этап – производится создание, и передача образца ВВТ в собственность МО РФ (для новых образцов) или выполняются мероприятия по содержанию уже находящихся в эксплуатации.

Исходя, из рассмотренных в настоящем разделе условий и факторов представляется возможным констатировать, что внедрение контрактов ЖЦ является одним из наиболее перспективных путей повышения военно-экономической эффективности взаимодействия заказчика ОВТ и исполнителя ГОЗ на протяжении полного ЖЦ. Их использование в практике создания и эксплуатации ВАТ потребует решения множества проблемных вопросов, наиболее значимые из них, а также возможные направления их решения представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Существующие и возможные проблемы, сопровождающие внедрение контрактов ЖЦ в практику создания и эксплуатации ВВТ

Наименование	Причины возникновения	Последствия	Возможные способы разрешения
1	2	3	4
Невыполнение требований заказчика	неэффективная система взаимодействия заказчика и исполнителя ГОЗ, ввиду отсутствия мотивации у разработчиков и производителей в создании высоконадежных ВВТ (в пределах выделенных лимитов денежных средств)	снижение показателей готовности ВВТ; задержка выполнения мероприятий по ТОиР ВВТ	включение в контракт фиксированных значений показателей готовности ВВТ
Изменение требований заказчика	появление ВВТ у вероятного противника с аналогичными (превосходящими) характеристиками	несоответствие ТТХ мировому уровню	применение технологии управления требованиями; обеспечение модернизационного потенциала ВВТ в ходе разработки
Отсутствие требуемого	ликвидация инженерных факультетов в ведущих	недостаточная эффективность	формирование квалификационных

Наименование	Причины возникновения	Последствия	Возможные способы разрешения
1	2	3	4
количества специалистов в области военно-научного сопровождения процессов создания и эксплуатации ВВТ	ВВУЗах РФ в ходе реформы военного образования	мероприятий по контролю целевых показателей процессов ЖЦ	требований для подготовки военных представителей, сотрудников НИИ
Рост внешних рисков невыполнения условий контракта (боевые действия, выполнение задач на территории других стран)	воздействие противника, использование ВВТ по назначению, нештатная ситуация; трудно прогнозируемые периоды эксплуатации	безвозвратная потеря ВВТ (существенный ущерб)	разделение рисков между заказчиком и исполнителем ГОЗа с учетом баланса интересов каждой стороны
Влияние неразвитой правовой среды на реализацию контрактов ЖЦ	несовершенство нормативно-правовой базы, регламентирующей порядок реализации контрактов ЖЦ	высокая степень неопределенности в ходе реализации контрактов ЖЦ	формирование системы военных государственных стандартов «Управление ЖЦ изделий военной техники»
Усложнение системы платежей в кооперации соисполнителей контрактов		возрастание цен на комплектующие и услуги и как следствие снижение их качества	адаптация законодательной базы в области правового регулирования государственных закупок
Влияние фактора инфляции	объективный процесс увеличения цен на продукцию и услуги	снижение прибыли исполнителя ГОЗ	формирование компенсационного механизма в условиях контракта
Рост лагов времени между выполнением контрактов и получением прибыли от их реализации	длительный процесс разработки и производства ВВТ		
Рост разрывов времени между фактическими расходами и реальными доходами от процессов ЖЦ			

Источник: составлено автором на основе [116, 131].

Таким образом, представленный в данном параграфе аналитический материал, позволяет сделать вывод о перспективности функционирования контрактов ЖЦ в интересах военной организации государства, представляющей интересы государственного заказчика ВВТ. При этом достижение целевого эффекта (создание и эксплуатация высоконадежных ВВТ с высоким техническим уровнем) при их реализации непосредственно связано с учетом множества рисков различной специфики. Понимание данных рисков позволяет выработать своевременную реакцию и снизить негативные последствия их проявления. Кроме того, подлежит научной проработке вопросы оценивания военно-экономической эффективности внедрения данной формы ГЧП в практику ЖЦ ВВТ.

1.3 Анализ условий и факторов, сопровождающих создание системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

В настоящее время в МО РФ и ОПК управление ЖЦ ВВТ реализуется в рамках системы управления разработкой, производством и эксплуатацией ВВТ, которая была сформирована в СССР в 70-х годах 20-го века и организационно обеспечивает взаимодействие заказчика ВВТ, эксплуатирующих организаций, ОВУ, организаций ОПК и других участников ЖЦ, осуществляющих его разработку, производство и ремонт. Ее создание осуществлялось в рамках становления программно-целевых методов планирования развития системы вооружения. В этот момент в Министерстве обороны начала функционировать трехступенчатая система планирования, содержащая разработку годовых, пятилетних и перспективных (на 10 лет) планов, которая с началом перестройки была ликвидирована.

Начиная с 2004 года, в России начались реформы, направленные на восстановление эффективной системы планирования, в частности была создана единая система планирования военного строительства, предусматривающая разработку документов долгосрочного (10 – 15 лет), среднесрочного (3 года) и краткосрочного (1 год) характера на основе программно-целевого подхода. В

2007 г. впервые был разработан Государственный оборонный заказ, в котором, как и в последующих, установлен горизонт планирования на 3 года. Другими важными особенностями ГОЗ следует считать отсутствие обязательного единого финансирования ЖЦ ВВТ на всех этапах его ЖЦ, включая эксплуатацию.

В свою очередь, горизонт планирования в рамках ГПВ составляет 10 лет и только в случае, если процедуры планирования ГПВ, бюджета и ГОЗ будут синхронизированы. Учитывая, что средний срок эксплуатации ВВТ по опыту предыдущего ВВТ, составляет более 30 лет, финансирование полного ЖЦ в существующих условиях не представляется возможным. Также следует заметить, что ГПВ не предполагает финансирование работ и услуг по ТОиР ВВТ.

Таким образом, на сегодняшний день затраты на разработку и затраты на эксплуатацию финансируются отдельно, что приводит к разрыву ответственности в масштабах полного ЖЦ ВВТ [170, 209, 210].

Учитывая объективно существующие тенденции *постоянно возрастающих требований заказчика, увеличения технической сложности и стоимости создания изделий ВВТ*, важное значение имеют современные условия ведения производственной и хозяйственной деятельности отечественных предприятий, задействованных в выполнении ГОЗ, обусловленные изменениями социально-экономических условий, произошедшими в начале 90-х годов прошлого столетия. Это привело к зарождению частной собственности и необходимости перестройки всего механизма управления экономикой России [91], а именно:

во-первых, возникла объективная необходимость юридического подтверждения отношений с партнерами, поставщиками и заказчиками. В основе данных отношений было положено юридическое закрепление прав и ответственности предприятия за свои обязательства перед заказчиками и поставщиками. Было принято решение формирования государственного реестра регистрации данных предприятий по их наименованию, адресу пребывания и банковским реквизитам.

Данная процедура регистрации частных предприятий приобрела статус юридической регистрации, сопровождаемой формированием предприятий как

юридических лиц. С момента приобретения предприятиями статуса юридических лиц отношения с заказчиками, поставщиками и партнерами стали выстраиваться как отношения между юридическими лицами на основе взаимного письменного обмена условиями договоренности, прав и ответственности друг перед другом с указанием признаков юридического лица в виде контракта (договора). Наличие такого документа позволило при необходимости привлекать третичное лицо для разрешения разногласий.

Для реализации данной процедуры была разработана и принята соответствующая законодательная база [209, 210]. Приобретение предприятиями статуса юридических лиц на законном основании позволило предприятиям самостоятельно и независимо выбирать виды производственной и хозяйственной деятельности. В свою очередь, данная процедура обеспечила расширение поля предложений по одним и тем же видам деятельности различных предприятий, что закономерно породило первые признаки конкурентного отбора исполнителя того или иного вида деятельности;

во-вторых, участие в конкурентном отборе, в условиях участия нескольких претендентов на выполнение одной и той же работы, объективно потребовало подтверждения способности предприятия справиться с данной работой перед заказчиком. Зародилась конкурентная среда, оказавшая существенное влияние на изменение приоритетов во взглядах на мотивацию производственной и хозяйственной деятельности предприятий, на определяющую роль заказчика в этой деятельности. В соответствии [209] ГОЗ организуется только на конкурсной основе.

С расстановкой приоритетов, и предпочтения предприятий «ставить» потребности потребителя на первое место, основной особенностью производственной и хозяйственной деятельности предприятия стало позаказное производство, отражающее определяющий приоритет – существующие и предполагаемые потребности заказчика, максимальное удовлетворение его потребностей. Определяющей особенностью позаказного производства является строгое нормирование ресурсов, в том числе временных и финансовых, что

повлекло изменение организации производства на дискретную (ограниченную, регламентированную). В данных условиях стремление добиться многократного использования отлаженного и освоенного производства изделий ВВТ становится не актуальным. Приоритет удовлетворения потребностей заказчика в условиях дискретного производства требует от производителя готовности к оперативному перестраиванию технологического наполнения производства от заказа к заказу. Такой подход обеспечивает участие в выполнении ГОЗ наиболее технологически состоятельных предприятий;

в-третьих, стремление к своевременному и качественному удовлетворению требований заказчика порождает необходимость поиска новых методов организации ОКР и производственного процесса, учитывающих результаты эксплуатации изделий ВВТ, т. е. возникает необходимость перехода от последовательной к параллельной схеме подготовки производства. Реализация такой схемы приводит к стиранию условных границ ЖЦ и созданию итерационной модели стадий ЖЦ, позволяющей оперативно вносить коррективы и необходимые доработки изделий ВВТ.

Особенностью данного подхода является концентрация существенных ресурсов всех видов в ограниченных временных интервалах времени, которых недостаточно у отдельных или малых предприятий. Это обусловило потребность поиска новых форм объединения усилий отдельными предприятиями для достижения взаимных интересов и более глубокого вовлечения остальных участников ЖЦ ВВТ в данные процессы. В контексте ЖЦ это привело к формированию развернутых цепочек кооперации предприятий, задействованных в создании и послепродажном обслуживании, и как следствие к более глубокой интеграции стадий разработки и производства ВВТ.

Для жизненного цикла ВВТ характерно наличие многообразия реализуемых процессов, для управления которыми задействованы различные организации и учреждения (НИО, КБ, заводы-изготовители, производители и поставщики материалов, ОВУ, эксплуатирующие воинские части и др.), имеющие различную форму собственности. Основная часть предприятий ОКР являются акционерными

обществами, целью которых является получение прибыли, в свою очередь организации МО РФ преследуют цель поддержания в необходимой готовности ВС РФ. Данные цели зачастую оказываются антагонистичными, поэтому решения, регулирующие вопросы создания и функционирования системы, должны приниматься с позиций обеспечения баланса интересов всех заинтересованных сторон.

Понимание условий, характерных тенденций, сопровождающих создание СУ ПЖЦ (рисунок 7), позволяет перейти к рассмотрению факторов (рисунок 9), оказывающих влияние на создание и функционирование данной системы.

Необходимость создания СУ ПЖЦ обусловлена влиянием различных факторов, которые условно можно разделить на внешние (экзогенные) и внутренние (эндогенные). Экзогенные факторы находятся либо вовсе вне сферы влияния СУ ПЖЦ, либо её влияние может быть незначительным. Эндогенные факторы, в свою очередь, могут проявляться в различной степени, и это зависит от особенностей организации деятельности самой СУ ПЖЦ, общие же факторы указывают на основные причины создания системы.

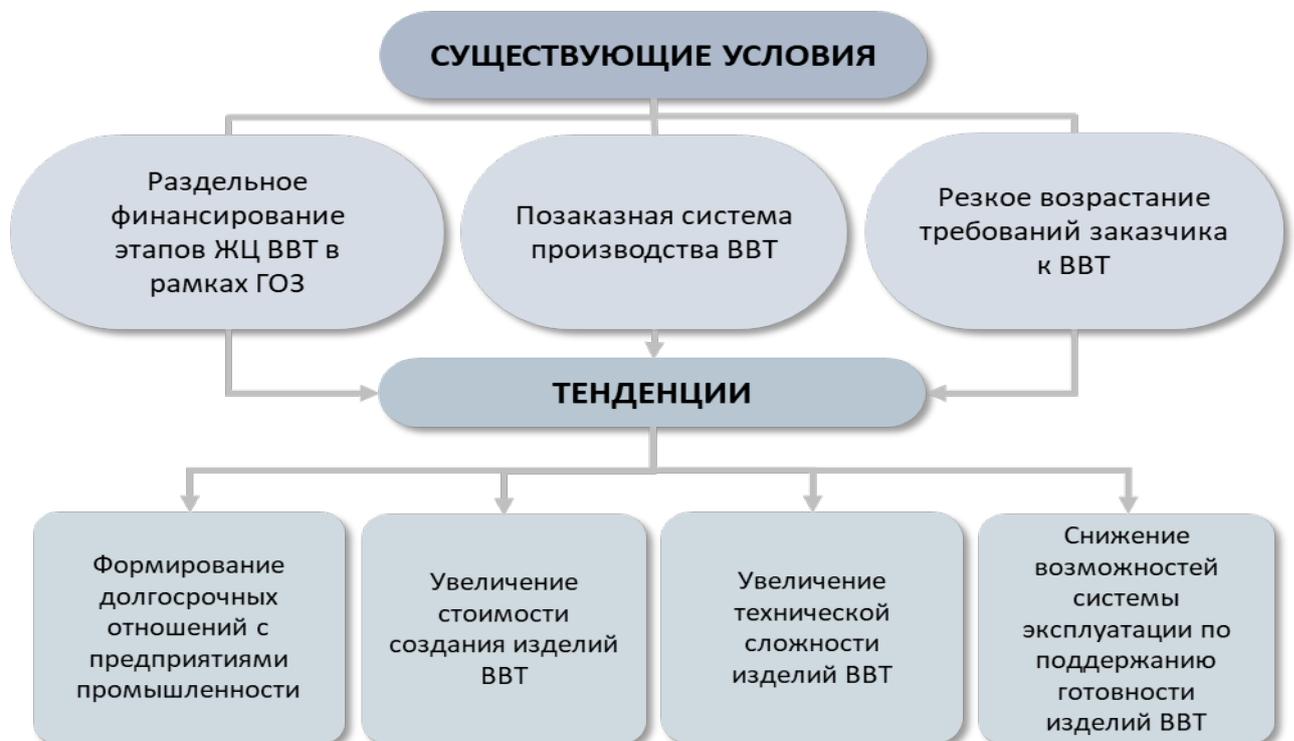


Рисунок 7 – Условия и тенденции, сопровождающие создание СУ ПЖЦ

Источник: составлено на основании [92].

Среди *экзогенных факторов* следует выделить, прежде всего:

развитие информационных технологий (ИТ). Именно развитие ИТ, наряду с прогрессивными технологиями материального производства, позволяет существенно повышать производительность труда и качество изделий ВВТ и в то же время значительно сокращать сроки постановки на производство новых изделий, удовлетворяющих требованиям заказчика. Опыт, накопленный в процессе внедрения разнообразных автономных информационных систем, позволил осознать необходимость интеграции различных ИТ в единый комплекс, базирующийся на создании в рамках предприятия или группы предприятий интегрированной информационной среды (ИИС), поддерживающей все этапы жизненного цикла изделий ВВТ.

Идея ИИС и информационной интеграции этапов ЖЦ стала базовой в подходе, получившем название CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла). Он указывает на необходимость формирования единого информационного пространства всех участников ЖЦ ВВТ.

Зарубежный опыт [134, 135] свидетельствует, что комплексное внедрение данного подхода позволяет обеспечить прирост основных показателей процессов ЖЦ ВВТ (рисунок 8);

динамика изменения требований заказчика. Данный фактор проявляется под воздействием развития аналогичных зарубежных систем вооружения и систем противоракетной обороны, т.е. появление (вероятность появления) у потенциальных противников или у нейтральных стран аналога ВВТ с техническим уровнем, превышающим соответствующие значения у отечественного, активизирует необходимость выработки адекватного решения всеми участниками ЖЦ, позволяющего парировать данное превосходство.

Эндогенные факторы:

состояние нормативной базы, регламентирующей нормы и правила финансирования деятельности в области управления ЖЦ ВВТ, организацию взаимодействия участников ЖЦ и информационных систем ОПК и МО РФ;

квалификация персонала, задействованного в управлении процессами ЖЦ, определяет качество проводимых мероприятий и работ, при этом особую значимость приобретают навыки принятия сложных нетиповых управленческих решений, оказывающих влияние на параметры ВВТ и его ЖЦ в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

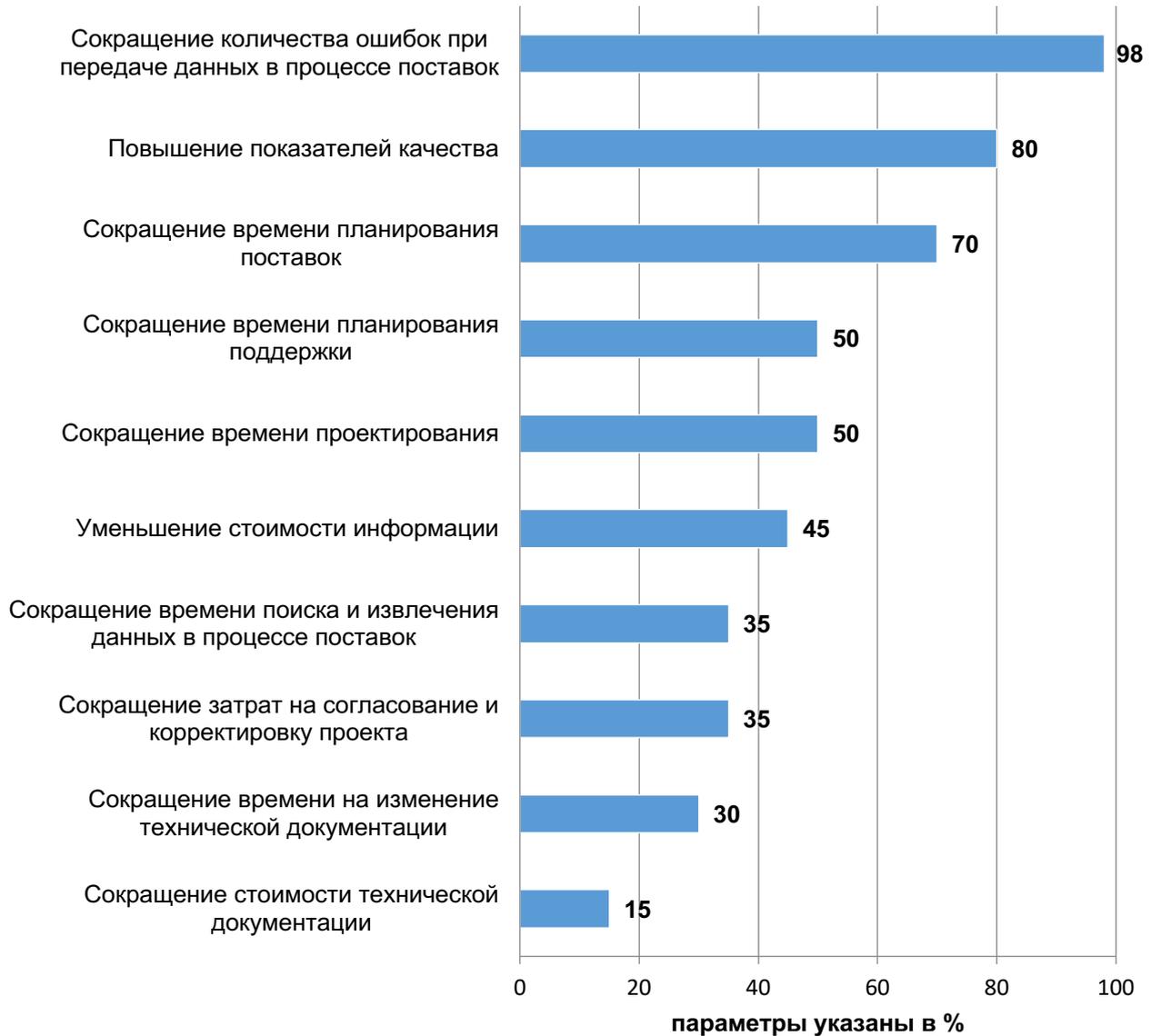


Рисунок 8 – Преимущества использования интегрированной информационной среды управления процессами полного ЖЦ

Источник: составлено на основании [96, 134, 179].

Общие факторы:

переход ВС РФ на части постоянной боевой готовности и ликвидация ремонтных заводов в МО РФ. Данные факторы были инициированы реформой

ВС РФ, начатой в 2008 г., действия первого из них значительно ужесточили требования к показателям готовности ВВТ. В то же время, учитывая высокую техническую сложность изделий ВВТ и снижение возможностей системы эксплуатации по поддержанию требуемого уровня готовности ВВТ, повлекло необходимость поиска путей привлечения предприятий-изготовителей и разработку соответствующих механизмов взаимодействия эксплуатирующих организаций и сервисных бригад предприятий промышленности для проведения мероприятия ТОиР, обеспечивающих требуемые значения готовности;

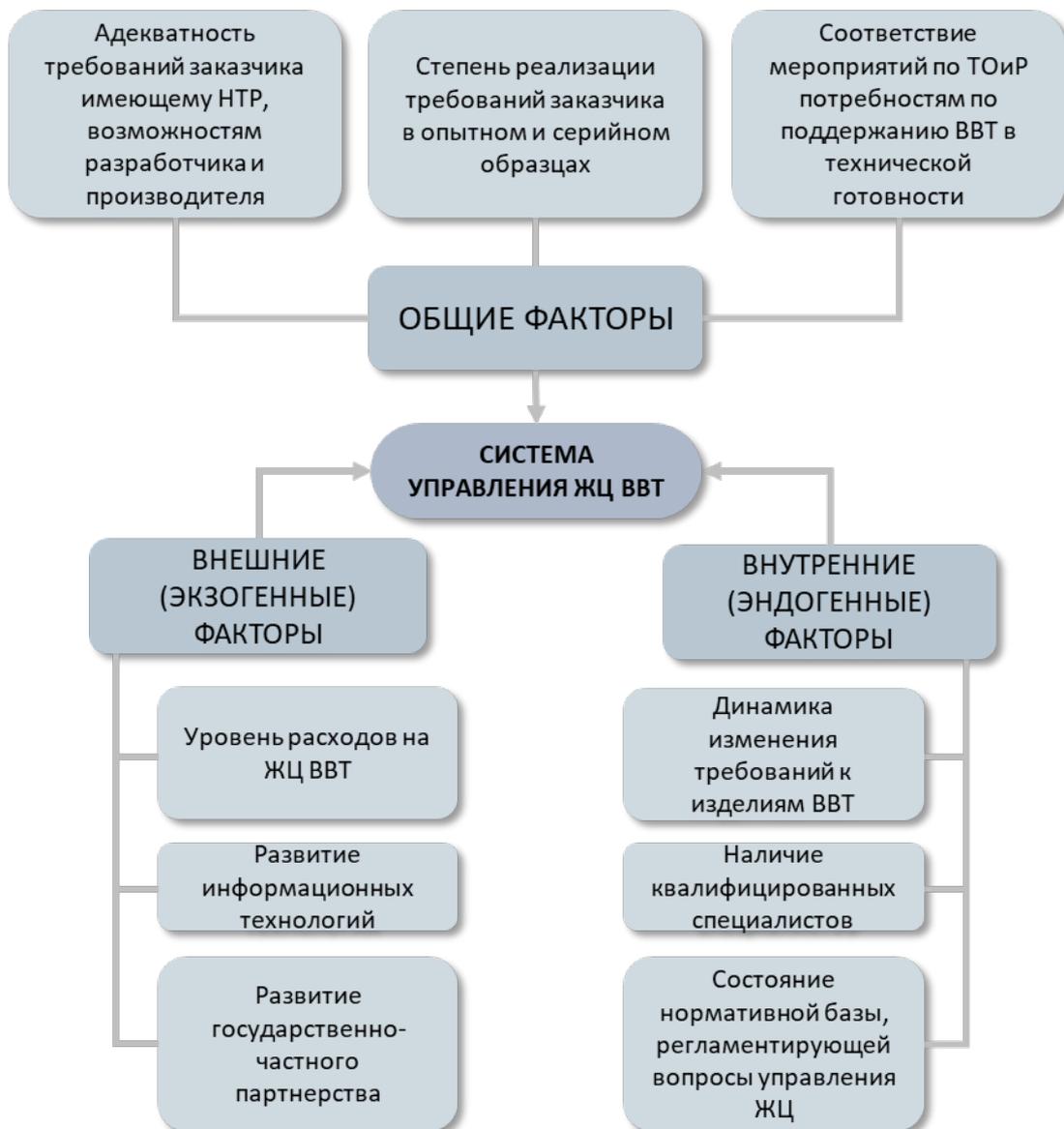


Рисунок 9 – Виды и структура факторов, обуславливающих необходимость создания СУ ПЖЦ

Источник: составлено авторами.

снижение возможностей системы эксплуатации по поддержанию требуемого уровня готовности ВВТ обусловлено высокой степенью наукоемкости и технической сложности конструктивного исполнения изделий ВВТ, которые в совокупности создали объективные предпосылки к усложнению работ и операций по проведению всех видов ТОиР.

Таким образом, в сложившихся условиях основной причиной создания СУ ПЖЦ является, прежде всего, необходимость разработки специальных мер, направленных на обоснование, достижение и поддержание заданных значений характеристик ВВТ, в том числе боевой эффективности, надёжности и решения задач оптимизации характеристик ВВТ, т. е. разработка механизма, позволяющего заложить в создаваемый ВВТ требуемые значения технических и стоимостных показателей и спроектировать систему контроля их реализации на последующих стадиях ЖЦ.

1.4 Направления повышения эффективности управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Необходимость в разработке системы управления полным жизненным циклом ВВТ обусловлена общими закономерностями военного строительства: зависимости структурных и функциональных характеристик вооруженных сил от установок военной доктрины и направленности военной политики; обусловленность качественно-количественных параметров вооруженных сил возможностями военной экономики государства и реализует особую форму отношений участников полного ЖЦ порождающую новый класс организационно-технических систем, отдельные элементы которых имеют прочные долговременные связи, оставаясь при этом независимыми субъектами. Необходимость теоретического обоснования принимаемых решений по построению данной системы очевидна.

В этой связи возникает задача поиска рационального пути решения проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ, применение которого позволило бы учесть специфику функций и задач заказчика в ходе создания и эксплуатации ВВТ.

Широкое распространение и соответствующий уровень теоретической и методической проработки в настоящее время получила идея комплексной автоматизации процессов ЖЦ ВВТ. Такой подход, как правило, более свойственен предприятиям промышленности, задействованным в разработке и производстве высокотехнологичных образцов ВВТ. При наличии очевидных преимуществ его внедрение в практику управления процессами ЖЦ ВВТ в настоящий момент представляется сложным, но единственно возможным путем интеграции всех участников ЖЦ в единую информационную среду.

На сегодняшний момент существует множество объективных причин, сдерживающих формирование такой среды, прежде всего низкой интеграции существующих автоматизированных систем управления участников ЖЦ ВВТ. Косвенно тому подтверждением служит отчет об исследовании, проведенном Центром стратегических разработок «Северо-Запад», уровня развития управления полным ЖЦ в российских компаниях, в том числе и предприятий ОПК (рисунок 10).

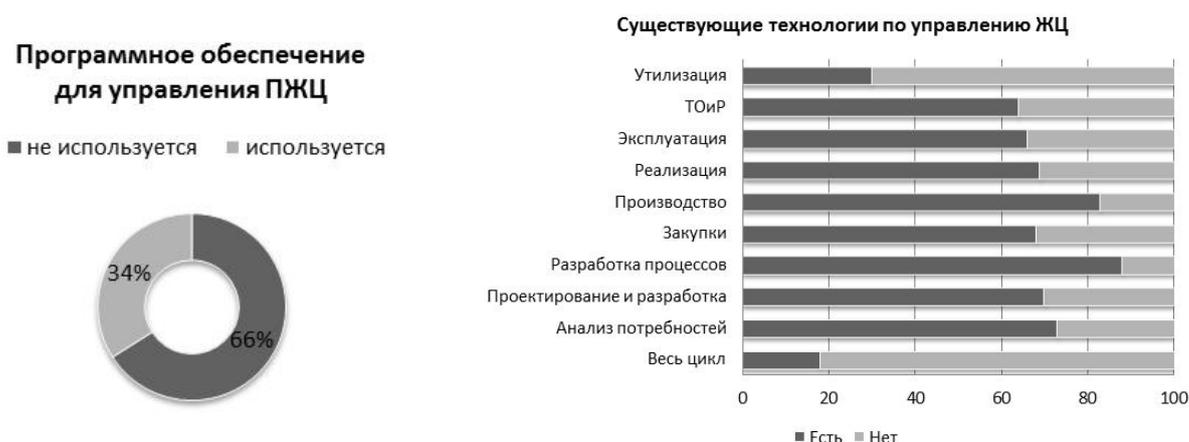


Рисунок 10 – Существующие технологии по управлению жизненным циклом изделий и степень их внедрения

Источник: составлено на основании анализа [20, 56, 43, 191, 198, 200, 201].

В результате установлено, что из 125 анкетированных компаний только 42 предприятия (34 %) используют технологии по управлению ПЖЦ, во весь цикл полностью вовлечено лишь 23 компании (18 %), а наименее развитыми являются стадии утилизации, эксплуатации и ТОиР.

Автоматизация информационного обеспечения процессов ЖЦ ВВТ носит локальный характер, базирующийся, как правило, на традиционном бумажном документообороте, лишь некоторыми разработчиками и изготовителями внедрены корпоративные программные средства автоматизации проектирования, технологической подготовки производства, управления производством и жизненным циклом продукции, основанные на применении электронной конструкторской и технологической документации, без интеграции этих систем в единую информационную среду участников ЖЦ [172]. Кроме того, контрактно-конкурсный механизм размещения оборонных заказов приводит к децентрализации управления ОПК, поскольку весь процесс создания ВВТ распадается на совокупность слабозаимодействующих между собой подпроцессов, что обусловлено рядом причин, среди них такие как потребность в информационном обмене между участниками полного ЖЦ изделий ВВТ, осуществляемых различными предприятиями. При этом единственно эффективная среда объединения этих предприятий – информационная – не действует, поскольку информация сегодня является одним из важнейших активов, имеющим высокую стоимость, и поэтому обмен ею между предприятиями ограничен.

Рассматривая проблемные вопросы интеграции существующих средств комплексной автоматизации в контексте задач управления ЖЦ, необходимо отметить, что они обусловлены повсеместно происходящим в мире укрупнением и слиянием производителей товаров и услуг. С точки зрения информационных технологий, слияние компаний предполагает в первую очередь решение проблем интеграции двух и более информационно-производственных корпоративных информационных систем с различной идеологией, предысторией, технологической структурой и интеллектуальными возможностями. Такого рода проблемы, приходилось решать повсеместно в нашей стране в 70-80-е гг. 20 века при

комплексировании автоматизированных СУ (АСУ) технологическими процессами, производственными процессами и предприятием. Результатом такого комплексирования стало создание соответствующих интегрированных АСУ.

В настоящее время данные проблемы обостряются из-за того, что отечественные АСУ приходится сопрягать (в рамках корпоративных информационных систем) с соответствующими зарубежными информационными системами, к числу которых можно отнести ERP, MES, SCADA, SCM, PLM [160, 189, 225]. В настоящий момент к числу российских пользователей, перечисленных корпоративных информационных систем следует в первую очередь отнести только крупные предприятия нефтегазовой сферы, электроэнергетики, тяжелого машиностроения и судостроения [64].

Также известно множество исследований в различных областях оборонной промышленности (самолетостроение, кораблестроение) [22, 198, 199, 201], посвященных созданию «цифрового двойника» разрабатываемого ВВТ. По мнению исследователей, наличие такого виртуального макета существенно снижает стоимость создания и проведения дальнейших модификаций (модернизаций) ВВТ. Такая позиция представителей ОПК вполне объяснима, так как сокращение затрат на предэксплуатационных стадиях позволяет значительно повысить рентабельность предприятий. Но в то же время, в этом случае не идет речь о системном представлении процессов ЖЦ, предполагающего совокупную оптимизацию затрат за весь ЖЦ ВВТ, а не только о стадиях разработки и производства. В этом вопросе с позиций заказчика ВВТ необходимо учитывать следующие обстоятельства, во-первых, стоимость разработки такой цифровой модели будет сопоставима со стоимостью самого образца, а во-вторых, возникает вопрос о дальнейших правах на владение данным продуктом, так как по условиям контракта все, что создано в рамках ОКР, является собственностью заказчика, что не совпадает с позицией представителей предприятий промышленности.

В свою очередь, в интересах должностных лиц довольствующих органов военного управления (ОВУ) МО РФ существует свой контур циркулирования информации, основанный на функционировании системы табелей срочных

донесений, которые позволяют сосредоточить в директивно установленные сроки массив учетных данных и сведений об эксплуатационно-технических характеристиках ВВТ. Полученная таким образом информация последовательно проходит несколько инстанций, подвергаясь ручному обобщению, и не предполагает интеграцию в общую систему для всех участников ЖЦ.

Внедряемые в настоящее время в практику средства автоматизации обладают функционалом, прежде всего, для учета наличия, движения и технического состояния ВВТ на всех уровнях управления, а также поддержки принятия решений должностными лицами при планировании мероприятий технического обеспечения в мирное и военное время.

Не менее важным является установленный порядок взаимодействия участников ЖЦ ВВТ [169], который регламентирован системой государственных стандартов серии «Система разработки и постановки на производство военной техники» разработанной в конце 70 х годов 20 века в СССР и подвергшейся переработке в дальнейшем. Используемое нормативно-техническое обеспечение, в отличие от зарубежных стандартов, не предполагает документирование и обмен данными по эксплуатационным характеристикам образцов ВВТ, применение процедур интегрированной логистической поддержки, применение методов оценки стоимости и управления стоимостью полного ЖЦ ВВТ [172].

Действующие стандарты в области разработки изделий военной техники ориентированы исключительно на требования к документации. Они в своем большинстве не затрагивают аспекты стандартизации современных автоматизированных технологий проектирования изделий, управления электронными проектными данными, инженерного анализа, современные технологии разработки и сопровождения программного обеспечения и автоматизированных систем, вопросы управления производством. На рисунке 12 представлена матрица областей стандартизации и систем стандартов в области управления ЖЦ ВВТ, отражающая глубину охвата соответствующих аспектов в существующих документах по стандартизации.

Также на сегодняшний день эффективному управлению процессами ЖЦ ВВТ препятствуют следующие недостатки существующего информационного обеспечения, систематизированные в таблице 4 по стадиям ЖЦ.

В результате проведенных исследований установлено, что на сегодняшний день отсутствует базовая терминология в области обоснования облика СУ ПЖЦ, не обусловлен конкретный состав участников ЖЦ и их функционал. Важно отметить, что термин «управление ЖЦ» закреплён в национальных государственных стандартах [82, 83], но не закреплён в государственных стандартах «система разработки и постановки на производство военной техники» (СРПП), а также отсутствует классификация ЖЦ, что не позволяет отличать полный ЖЦ изделий ВТ от неполного.

	Разработка			Подготовка производства, производство		
	Требования к виду деятельности	Представление результатов в форме документов	Представление результатов в ИС	Требования к виду деятельности	Представление результатов в форме документов	Представление результатов в ИС
Изделия машиностроения и приборостроения	ЕСКД, СРПП	ЕСКД	<i>отсутствуют</i>	ЕСТПП	ЕСТД	<i>отсутствуют</i>
Изделия программные	ЕСПД	ЕСПД ИТ	<i>отсутствуют</i>	не применимо	не применимо	не применимо
Автоматизированные системы и аппаратно-программные комплексы	ЕСПД	ЕСС АСУ	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>
	Эксплуатация и ее обеспечение			Утилизация		
Изделия машиностроения и приборостроения	СТОИР	ЕСКД	<i>отсутствуют</i>	Комплекс стандартов «Ресурсосбережение»	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>
Изделия программные	ЕСПД	ЕСПД	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>
Автоматизированные системы и аппаратно-программные комплексы	ЕСПД	ЕСС АСУ ИТ	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>	<i>отсутствуют</i>

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: ЕСКД – единая система конструкторской документации; СРПП – система разработки и постановки на производство; ЕСПД – единая система программной документации; СТОИР – система технического обслуживания и ремонта техники; ИТ – система «информационные технологии»; ЕСС АСУ – Единая система стандартов автоматизированных систем управления

Рисунок 11 – Матрица областей стандартизации и систем стандартов, связанных с разработкой, производством и обеспечением эксплуатации изделий

Источник: составлено на основании анализа [135].

Определенный интерес к решению проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ представляет существующая система менеджмента качества (СМК) организаций, участвующих в выполнении ГОЗ, которая создается для достижения целей и

выполнения задач, определенных политикой предприятия в области качества, и является неотъемлемой частью общей системы управления всей деятельностью предприятия.

Таблица 4 – Недостатки существующего информационного обеспечения в области управления ЖЦ ВВТ

Стадии	НИР	Разработка	Производство	Эксплуатация и ремонт
Информационное обеспечение	отсутствие полной статистической информации о ЖЦ существующего ВВТ; не систематизированы данные о ранее проведенных оценках стоимости, объемах работ по созданию изделий и степени их достоверности	отсутствие необходимой статистической информации о ЖЦ существующего ВВТ; отсутствуют исходные данные по системе эксплуатации; проектная документация и КД в бумажном виде содержит ошибки, затруднено ее повторное использование при разработке нового ВВТ	технологическая документация в бумажном виде содержит ошибки, затруднено ее повторное использование (корректировка) при освоении производства нового ВВТ	отсутствие полной детальной информации о результатах эксплуатации, номенклатуре ЗИП и объемах имеющихся запасов; отсутствие актуальной эксплуатационной документации

Источник: составлено на основе анализа [43, 129, 172] и материалов собственных исследований [103].

Главная идея СМК для предприятий ОПК заключается в предупреждении появления изделий ВВТ не соответствующего качества [60, 228]. Одним из важнейших направлений обеспечения стабильного качества продукции оборонной отрасли является повышение качества управления на основе внедрения современных систем менеджмента (рисунок 13), включающих совершенствование управления знаниями, проектами, процессами, ресурсами и постоянными изменениями [32, 181, 203, 228]. Эти технологии поддерживаются рядом стандартов – ГОСТ РВ 0015-002, стандарты AS серии 9100 и ГОСТ Р ИСО 9001.

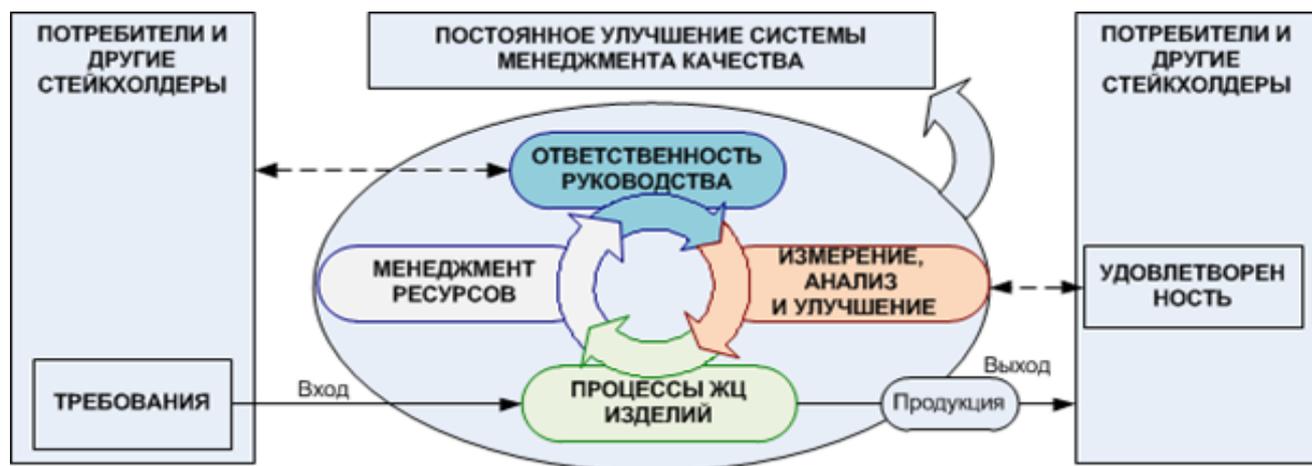


Рисунок 12 – Модель системы менеджмента качества, основанная на системном подходе

Источник: составлено на основании [67].

На предприятиях ОПК построение и деятельность СМК регулируется требованиями стандарта [67], который содержит заключенные в рамки полные тексты всех структурных элементов стандарта ИСО, а также дополнения к ним, отражающие, по мнению авторов этого стандарта, специфику обеспечения качества на всех стадиях ЖЦ оборонной продукции. Дополнения требований введены практически во все структурные элементы стандарта ИСО. Стоит отметить, что объем большинства из этих дополнений превышает объем основных требований ИСО в несколько раз, тем самым превращая по существу требования основополагающего стандарта в дополнительные к военному стандарту.

Многими специалистами в области качества [31, 32, 61, 94, 141, 207] проводился анализ требований данного стандарта и отмечены недоработки данного стандарта, в частности:

требования сформулированы с излишней подробностью, размывающей рамки стандарта и тем самым снижающей его ценность;

российский военный стандарт перегружен формальными требованиями, напрямую не способствующими улучшению качества продукции. Зачастую непонятно, как их реализовать, особенно малым организациям ОПК. Увеличение количества записей (по сравнению с ГОСТ Р ИСО 9001-2008 и ГОСТ Р ЕН 9100-2011), безусловно, увеличивает степень бюрократизации.

Выполненный анализ требований [67] на предмет достаточности, актуальности и логичности, по результатам которого необходимо отметить значительную перегруженность стандарта требованиями, повторяющимися требованиями других нормативных и законодательных документов, а также избыточность некоторых требований, которая в конечном итоге приводит к **нарушению принципов менеджмента качества и невозможности построения эффективной системы управления процессами полного ЖЦ ВВТ.**

Так, например, в п. 5 и 5.5, из совокупности всех требований следует, что высшее руководство принимает на себя обязательства (в соответствии с требованиями ИСО) по разработке и внедрению СМК, улучшению ее результативности и несет ответственность за организацию работ по разработке и внедрению СМК, за соответствие СМК установленным требованиям, контроль результативности и повышение эффективности (по ГОСТ РВ 0015-002), назначает представителя, который несет ответственность за обеспечение разработки, внедрения и поддержания в рабочем состоянии процессов, предоставление отчетов высшему руководству и содействие пониманию требований потребителей и определяет подразделение, осуществляющее организацию работ по совершенствованию СМК на всех этапах ЖЦ военной продукции, контролю и анализу степени соответствия СМК установленным требованиям и ожиданиям заказчика. В связи со столь многочисленными требованиями к установлению ответственных лиц и их обязанностей за функционирование СМК нарушается принцип лидерства руководства в системе менеджмента качества, ответственность и обязанности по поддержанию и развитию СМК предприятия берет на себя в конечном итоге соответствующее подразделение, а высшее руководство находится в роли стороннего наблюдателя.

Помимо вышеизложенного, существуют в стандарте и недостаточно информативные требования, такие как п. 6.1.1, 8.4.6.1, 8.4.3 и 8.5.1.1, что затрудняет их понимание и достижение результатов соответственно. В результате анализа требования ГОСТ ИСО 9000-2015, было выявлено отсутствие определений и требований по нескольким терминам, широко используемым в практической

деятельности, таким, например, как координатор СМК предприятия и владелец процесса СМК предприятия. Отсутствие определения данных терминов, а также требований к вышеперечисленным элементам СМК *препятствует полноценному внедрению процессного подхода на предприятии.*

Устанавливая требования к внедрению на предприятии процессного подхода, ИСО также упустил из виду рекомендации по методике их выделения, в связи с чем существующие на предприятии подходы к формированию процессов не имеют научного обоснования и не приносят результатов. Досконально изучив требования ГОСТ Р ИСО 9001 и 9000:2015 на наличие пунктов о необходимости выделения того или иного конкретного процесса, было выявлено только несколько упоминаний о процессе, без конкретного указания, а именно в стандарте ГОСТ Р ИСО 9000:2015:

п. 2.2.3 «Понимание среды организации – это процесс. В рамках этого процесса определяются факторы, которые влияют на намерение, цели и устойчивость организации. При этом учитываются такие внутренние факторы, как ценности, культура, знания и результаты деятельности организации. В этом процессе учитываются также такие внешние факторы, как правовые, технологические, конкурентные, рыночные, культурные, социальные и экономические условия...»;

п. 2.2.4 «Понимание заинтересованных сторон выходит за рамки ориентации исключительно на потребителя. Важно учитывать все соответствующие заинтересованные стороны. Частью процесса понимания среды организации является идентификация ее заинтересованных сторон»;

п. 2.4.2 «Планирование СМК – не разовая деятельность, а продолжающийся процесс».

Наличие данных требований не только не дает разъяснений по вопросу выделения необходимых процессов, но и создает еще больше сопутствующих вопросов. Не регламентировано ГОСТом также необходимое минимальное количество процессов или аспектов соотношения количества необходимых процессов с другими показателями организации.

Отсутствуют в стандарте разъяснения по поводу результативности и эффективности процессов, методики и методов их оценки. Также необходимо отметить, что в соответствии с п. 8.4.1 [67] анализу СМК подлежат результаты внутренних и внешних проверок, в связи с чем любой внутренний и внешний аудит является своеобразным инструментом для постоянного совершенствования системы менеджмента качества и повышения ее результативности. Но, к сожалению, недостаточность требований стандартов, регламентирующих тем или иным образом проведение аудитов и анализ их результатов, затрудняет использование внутренних аудитов в качестве инструмента по совершенствованию СМК. Рассматривая требования к проведению внутренних аудитов, регистрации и анализу результатов, необходимо отметить отсутствие требований по выявлению и регистрации корневых причин несоответствий, что затрудняет объективную оценку функционирования СМК в целом.

Так, например, ГОСТ Р ИСО 9001-2015 содержит требования к определению причин, вызвавших появление несоответствий, но также не конкретизирует необходимость их документирования и выявления корневой причины. ГОСТ Р ИСО 19011-2012, например, не рассматривает анализ корректирующих и предупреждающих действий и сосредоточен на рекомендациях по непосредственному проведению аудита.

В соответствии с п. 6.7 разработка корректирующих действий – это действия по результатам аудита, т.е. после его завершения. ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2012 содержит требования к анализу органом по сертификации причин несоответствий по результатам проверки третьей стороной, но не содержит требования к регистрации причин несоответствий. В отличие от всех остальных стандартов по аудиту, ГОСТ Р 56570-2015, идентичный требованиям AS9101, содержит требования к регистрации корневой причины несоответствий по результатам аудита и форму записи, предусматривающей данное требование. Данное требование является значимым для выполнения многих пунктов стандартов на системы менеджмента качества, например, п. 8.5.1 ГОСТ РВ 0015-002 о постоянном улучшении посредством использования политики и целей

предприятия, результатов аудитов, анализа корректирующих и предупреждающих действий. Без знания причин и установления корневых причин невозможно грамотно определить корректирующие действия, которые в дальнейшем способствуют совершенствованию СМК предприятия.

Результаты анализа трудов отечественных ученых [57, 65, 148, 203 228], посвященных функционированию СМК, и опыта российских предприятий ОПК также позволяют констатировать о наличии проблем в практике функционирования системы оценки соответствия оборонной продукции.

Во-первых, необходимо отметить наличие на рынке сертификационных услуг большого количества органов по сертификации СМК, стоимость услуг по сертификации и инспекционному контролю которых зачастую различается, как и качество предоставляемых услуг. Организация должна использовать внешний аудит не только как способ получения сертификата соответствия, но и как возможность для улучшения и совершенствования работы внедренной системы менеджмента качества и повышения качества изготавливаемой продукции, как следствие этого.

Реальная ситуация зачастую обстоит таким образом, что из спектра существующих сертифицированных органов организация выбирает ту, условия (стоимость) проведения работ которой являются наиболее приемлемыми для организации, а результаты – наиболее очевидными. Данный аспект в основном зависит от позиции высшего руководства в области управления качеством и его отношения к пользе и возможностям независимых проверок.

Во-вторых, эксперты независимого органа по сертификации в силу кратковременности проведения аудита и его особенностей зачастую не видят значительных проблем в СМК проверяемых организаций, делая упор на проверку документации, а также результатов внутренних аудитов. Это связано как с проблемой недостаточной квалификации некоторых экспертов, так и с вышеизложенной проблемой «оказания сертификационных услуг».

В-третьих, необходимо отметить отсутствие единых требований к квалификации экспертов органов по сертификации СМК предприятий ОПК. В

соответствии с требованиями п. 7 ГОСТ Р ИСО/МЭК 17021-2012 орган по сертификации должен установить процессы для гарантии необходимых знаний персонала, а также определить необходимый уровень компетенции для каждой технической области и функции, определить процесс определения критериев компетентности персонала с учетом каждого вида стандартов или технических условий на СМК для каждой технической области и функции [5], т.е. единые критерии и уровень компетентности экспертов органов по сертификации в области СМК ОПК отсутствуют.

Также стоит отметить проблему низкой квалификации персонала в области управления качеством предприятий ОПК [57, 65, 148]. На многих предприятиях отделы управления качеством существуют автономно или вовсе в конфронтации с основными производственными подразделениями. Это обусловлено отсутствием соответствующих квалификационных требований, утвержденных Минтрудом России. Как следствие, недопустимо низкой является компетентность таких должностных лиц.

Несмотря на то, что в основу функционирования СМК заложена система научно обоснованных принципов, решение комплекса проблемных вопросов с ее помощью в существующих условиях не представляется возможным по ряду причин, среди них:

- отсутствие подходов к выделению процессов ЖЦ ВВТ и их системного представления;

- функционирование СМК направлено только на управление процессами исполнителя ГОЗ и не предполагает управление процессами заказчика;

- основными критериями принятий решений по управлению качеством изделий ВТ служат формальные соответствия требованиям, подтверждаемые документально;

- функционал ключевых должностных лиц, принимающих решения установлен не явно, также не предусмотрены оценочные показатели определения результативности и эффективности процессов, методы и методики их оценивания; отсутствует цель повышения удовлетворенности потребителей.

Особое место в методологии управления сложными проектами занимает *реинжиниринг бизнес-процессов*. Данная практика получила широкую апробацию в различных отраслях экономики и производства, необходимость проведения которой была обусловлена спецификой современного рынка сбыта продукции. Эту специфику можно кратко охарактеризовать в виде совокупности следующих факторов:

появление новых форм кооперации в виде распределенных предприятий, когда каждый этап производства выполняется на том предприятии, где наиболее выгодно;

резкое возрастание роли информационных технологий в сфере проектирования, производства и реализации продукции.

Основополагающим принципом реинжиниринга является рассмотрение деятельности компании не с точки зрения функционирования ее структурных подразделений, а с точки зрения организации и протекания в ней бизнес-процессов. Бизнес-процесс – это связанное множество внутренних видов деятельности предприятия, заканчивающихся созданием продукции или услуги, необходимой заказчику.

Его цель состоит в существенном, прорывном росте эффективности процессов (в десятки и сотни раз). Суть реинжиниринга состоит в том, что ответственность за бизнес-процесс от начала и до конца возлагается на команду, способную выполнить весь спектр работ. Реинжиниринг переориентирует управление с пооперационной специализации на законченные бизнес-процессы. Как правило, для эффективной работы большинства компаний достаточно от 3 до 10 бизнес-процессов. Обычно это: разработка стратегии развития предприятия, создание новой продукции, сроки выполнения проекта. Эти бизнес-процессы, как правило, и являются ключевыми объектами реинжиниринга, именно тут находятся все основные рычаги повышения эффективности компании в целом.

Другим принципом реинжиниринга следует считать проведение реконструкции процессов строго «снизу-вверх». Существует две причины, обуславливающие данный принцип.

Первая причина состоит в том, что руководители средних и нижнего уровней обладают компетенциями, как правило, соответствующими уровню возглавляемого подразделения, которым сложно представить процесс в целом и распознать его слабые места. Суть второй причины заключается в том, что бизнес-процессы неизбежно пересекают организационные границы, т. е. границы подразделений. Поэтому руководители среднего и нижнего уровней не имеют необходимых полномочий для трансформации процессов.

Необходимо констатировать, что используемые в реинжининговой деятельности принципы и понятия, при их комплексном применении позволяют смоделировать особое видение организации и реализуемых ей процессов. Но в то же время такое представление формирует только механистическое (упрощенное, без учета роли человека) видение организации, которое не совместимо с реальным.

Результаты проведенного анализа трудов [231] в области реинжиниринга позволили установить отсутствие фундаментальных эмпирических исследований, в которых были бы выявлены сопутствующие закономерности и принципы реализации проектов по реинжинирингу. Данное обстоятельство не позволяет выработать набор соответствующих типовых моделей процессов, методов и методик их оптимизации путем реинжиниринга.

Безусловно, использование реинжиниринга совершенствования процессов ЖЦ ВВТ позволяет достичь прироста эффективности отдельных стадий и этапов, но достижению совокупной эффективности процессов ЖЦ в существующих условиях не представляется возможным. Этому препятствуют:

необходимость охвата большого количества организаций с различными формами собственности и целевыми установками, вовлеченных в процессы исполнителя и заказчика;

разрывы ответственности в рамках полного ЖЦ, с одной стороны, между должностными лицами МО РФ, а с другой стороны между предприятиями ОПК и ОВУ.

Кроме того, следует принимать во внимание, что даже кратное повышение эффективности отдельных процессов ЖЦ совсем не означает повышение эффективности полного ЖЦ.

Таким образом, результаты анализа путей решения проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ, в числе которых комплексная автоматизация процессов ЖЦ ВВТ, функционирование систем менеджмента качества и реинжиниринг процессов ЖЦ, показали невозможность ее решения в рамках известных подходов. Исходя из этого, возникает необходимость разработки альтернативного варианта, который компенсирует недостатки существующих подходов и позволит решить комплекс проблемных вопросов, сопровождающих процессы ЖЦ ВВТ.

Результаты анализа существующей практики НИОКР, производства, эксплуатации и последующей модернизации ВВТ позволили установить отсутствие целостностной системы, осуществляющей управление данными процессами на основе единой методологии. Необходимо констатировать, что до сих пор отсутствует стандартизированное понятие «управление жизненным циклом» (имеется в виду система государственных стандартов «СРПП ВТ»), также не определены системообразующие понятия «субъект» и «объект управления».

Поэтому будет вполне логично, прежде чем перейти к исследованию СУ ПЖЦ, установить, является ли она таковой. Так, в энциклопедическом словаре приведено следующее определение понятия «система»: «Система (от греч. – целое, составленное из частей; соединение) – множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство».

Данное определение хорошо отражает интуитивные представления о системах, однако целям анализа и синтеза систем оно не удовлетворяет. Для более точного определения понятия «система» перечислим свойства, которыми должна обладать система, а именно: целостность и членимость; связи между подсистемами и элементами; наличие организации и эмерджентных свойств.

Укладываясь в общепринятые понятия системы, СУ ПЖЦ можно представить, как организационно-техническую систему, состоящую из

системообразующих элементов: субъекта управления (участники ЖЦ ВВТ) и объекта управления (параметры ВВТ и его ЖЦ), находящихся во взаимосвязи и взаимозависимости между собой, целью функционирования которых является обеспечение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ (рисунок 13).



Рисунок 13 – Обобщенная структура СУ ПЖЦ

Источник: составлено на основании [92].

Охарактеризуем свойства данной организационно-технической системы в разрезе каждого из четырех свойств, присущих любой системе.

Первое свойство (целостность и членимость) – система есть целостная совокупность элементов (Государственный заказчик, НИО заказчика, Головной разработчик, Головной изготовитель, военное представительство, ОВУ, ТТЗ, ОТТ, ТУ, конструкция ВВТ и его ТТХ), взаимодействующих друг с другом. Декомпозицию системы на элементы можно осуществлять по-разному.

Второе свойство (связи между подсистемами и элементами): между элементами СУ ПЖЦ имеются существенные связи, которые с закономерной необходимостью определяют интегративные качества.

Третье свойство (организация): связи между элементами системы определенным образом упорядочены, т. е. СУ ПЖЦ имеет организацию.

Четвертое свойство (эмерджентные свойства): СУ ПЖЦ обладает интегративными качествами, не свойственными ни одному из элементов в отдельности. Это способность создавать ВВТ с требуемым техническим уровнем, поддержание его на определенном временном интервале, с минимальными затратами, а также способность адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды (проведение ремонта, модернизаций, модификаций и т. п.).

Перечисленная совокупность свойств позволяет, во-первых, вполне обоснованно утверждать, что СУ ПЖЦ является системой, а во-вторых, использовать системный подход к ее построению.

Сущность принципов системного подхода применительно к проектированию системы указывает на необходимость представления системы как целостного объекта, выявление основных элементов и системообразующих связей между ними, анализ структуры и организации системы, определение функций элементов и целесообразных способов достижения целей функционирования в различных условиях [13, 117].

Наиболее близким понятием [146, 147], объединяющим на начальных этапах построения системы перечисленные признаки, является облик системы, который являясь одной из категорий системологии [112, 113, 114, 213] описывает не только ее структуру, но и взаимосвязи подсистем и элементов во множестве присущих им взаимосвязанных свойств и функций.

Наиболее точно содержание облика отражает граф-модель, представленная на рисунке 14.

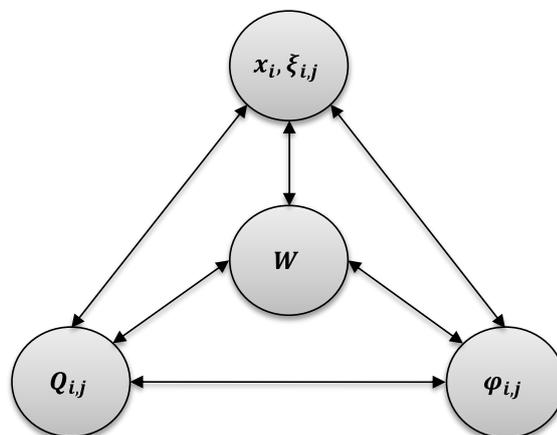


Рисунок 14 – Модель облика системы:

W – облик; функциональная W^f , процессная W^p и организационная W^o структуры.

Источник: составлено на основе [147, 187].

Таким образом, облик СУ ПЖЦ представляет собой основополагающие характеристики системы и ее элементов, функционирующих в целях достижения и поддержания требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ и определяющих задачи и функции по управлению полным ЖЦ ВВТ.

Математическая (теоретико-множественная) постановка задачи обоснования облика СУ ПЖЦ в таком случае может быть представлена следующим образом

Множество возможных вариантов облика описывается выражением

$$W = \langle x_i, \xi_{ij} \rangle j \in \overline{1, I}, i \in \overline{1, I}, \quad (1)$$

где $x_i = \begin{cases} 1 - i - \text{я подсистема включена в структуру облика СУ ПЖЦ;} \\ 0 - i - \text{я подсистема не включена в структуру облика СУ ПЖЦ;} \end{cases}$

$\xi_{ij} = \begin{cases} 1 - j - \text{й элемент включен в состав } i - \text{ой подсистемы;} \\ 0 - j - \text{й элемент не включен в состав } i - \text{ой подсистемы.} \end{cases}$

Совокупность требований, предъявляемых заказчиком к ВВТ представлены в виде $R = \langle r_1, \dots, r_n \rangle$, а параметры ВВТ $Q = \langle q_1, \dots, q_n \rangle$.

Необходимо в условиях стоимостных ограничений $C \leq C_{\text{зад}}$, ограничений по целесообразным параметрам системы (структурные ограничения) $V \leq V_{\text{зад}}$, ограничений по временным параметрам системы $T \leq T_{\text{зад}}$ найти такой рациональный вариант системы, при котором будут достигаться требуемые значения ее эффективности

$$W^* = \arg \min_{G(W) \in G^{\text{треб}}} C(W), \quad (2)$$

где C – стоимость функционирования СУ ПЖЦ;

W – вариант облика СУ ПЖЦ ВВТ;

$G(W)$ – функциональные параметры СУ ПЖЦ, определяющие ее эффективность (включая параметры ВВТ);

$G^{\text{треб}}$ – требуемый уровень параметров СУ ПЖЦ, позволяющий реализовать функциональность ВВТ в рамках ЖЦ.

Необходимо понимать, что повышение требований к изделиям ВВТ приводит не только к повышению его стоимости и технической сложности, но и к существенному повышению требований к системе эксплуатации. В свою очередь развитие эксплуатационных процессов на уровне только системы эксплуатации, желаемой эффектов, достичь не позволяет, что обуславливает поиск резервов для повышения эффективности ЖЦ ВВТ вне границ стадии эксплуатации. Одним из условий решения данной задачи представляется интеграция процессов полного ЖЦ ВВТ в масштабах единой системы, тем самым создать необходимые предпосылки для организационного единства участников ЖЦ ВВТ. Создание СУ ПЖЦ в данных условиях является единственным целесообразным путем повышения эффективности ЖЦ ВВТ.

Поэтому, в условиях отсутствия структуры, осуществляющей координацию деятельности СубУ, проведение обликтовых исследований системы направлено на уточнение роли и места заказчика в ЖЦ ВВТ, а также перераспределение задач и функций участников ЖЦ в целях обеспечения требуемых параметров ЖЦ ВВТ. Комплексное решение данных вопросов позволит установить цель, задачи системы, основные ее элементы и наиболее важные связи между ними и создать необходимые предпосылки для организационной, процессной и функциональной интеграции существующих локальных систем управления отдельными стадиями и этапами ЖЦ.

1.5 Анализ зарубежного опыта построения и функционирования системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

В качестве нового подхода к организации взаимодействия всех участников ЖЦ, направленного на повышение эффективности процессов создания, эксплуатации, ремонта и утилизации ВВТ путем совместной заинтересованности всех сторон в практике зарубежных вооруженных сил функционирование СУ ПЖЦ

ВВТ относится к наиболее распространенным организационным инновациям [92, 138].

Особый интерес представляет опыт США, где в период 2003–2012 гг. была построена и внедрена в действие интегрированная система управления жизненным циклом ВВТ (Integrated Defense Acquisition, Technology, and Logistics Life Circle Management System) – (далее ИСУ).

Основными причинами ее создания явились:

- 1) необходимость рационализации государственных расходов на ЖЦ ВВТ (эта задача поставлена в послании президента США на 2002 г.);
- 2) переход современных ВВТ на цифровое управление, что привело к изменению процессов проектирования и разработки, а также производства и эксплуатации ВВТ на основе концепции системного инжиниринга и потребовало новых видов ответственности, полномочий и компетенций от всех участников процесса;
- 3) резкое увеличение сложности цепочек поставки ВВТ, что потребовало изменения методов управления поставщиками, надзора, создания новых правил контрактации, приемки, финансового контроля и т.д.

Началом процесса можно считать подписание председателем Объединенного комитета начальников штабов ключевого документа DoD5000.01 – директивы «Система оборонных закупок» от 12 мая 2003 г., в котором четко определено изменение подхода к управлению гособоронзаказом США.

Завершением процесса можно считать подписание президентом США в октябре 2009 г. национального акта по обороне FY10 (National Defense Authorization Act (NDAA) [242], зарегистрирован как закон (Public Law 111-84)) и последующее изменение нормативной базы ИСУ, завершившееся изданием инструкции Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS) от 10 января 2012 г. [234].

В этом документе приводится важное для понимания структуры ИСУ определение: «Управление жизненным циклом – это реализация, управление и надзор со стороны назначенного менеджера программы (МП) по всем видам

деятельности, связанным с приобретением, разработкой, производством, полевым применением, автономным расположением и утилизацией систем военной техники в течение всего ее жизненного цикла» [234].

В настоящее время концепция интегрированной системы управления жизненным циклом ВВТ существует в виде IDATLLCMS (Integrated Defense Acquisition, Technology, and Logistics Life Circle Management System – интегрированной системы управления жизненным циклом при военных закупках, разработке технологий и логистике), что может косвенно подтверждать жизнеспособность заявленной цели исследования – повышение эффективности управления жизненным циклом ракетного комплекса путем обоснования облика системы.

В рамках ИСУ всю полноту ответственности и полномочий за управление ЖЦ ВВТ имеет даже не Министерство обороны США, а командование Вооруженных сил США – Объединенный комитет начальников штабов (ОКНШ). В этом присутствует четкая логика: процессом должны управлять конечные потребители, т.е. те, кто будет эксплуатировать ВВТ, в том числе и применять по назначению. Именно этот факт можно считать первым ключевым идеологическим моментом ИСУ. Объединенный комитет начальников штабов армии США утверждает основные нормативные документы ИСУ, включая Положение о гособоронзаказе США – DAS (Defense Acquisition System – система военных закупок).

Не менее важным идеологическим моментом ИСУ является то, что ГОЗ США включает все виды закупок, в том числе: НИР и ОКР; поставки ВВТ; наем персонала МО США; услуги по обучению персонала МО США и прочие закупки.

Интегрированная система управления жизненным циклом ВВТ США является комплексной системой распределения ответственности, полномочий, организации взаимодействия и обмена информацией между всеми участниками жизненного цикла ВВТ, от президента и правительства США до личного состава воинских частей и соединений. В ее рамках рассматриваются все виды работ, от планирования разработки перспективных ВВТ до эксплуатации и утилизации ВВТ.

Она обеспечивает реализацию требований военной доктрины США и основана на четких правилах управления карьерой и компетенциями участников системы.

На сегодняшний день каждый образец ВВТ, создаваемый для удовлетворения специфических военных потребностей (требований), должен быть оплачен из средств федерального бюджета, разработан и приобретен в рамках ИСУ. Общая схема ИСУ приведена на рисунке 16 и включает три системы.

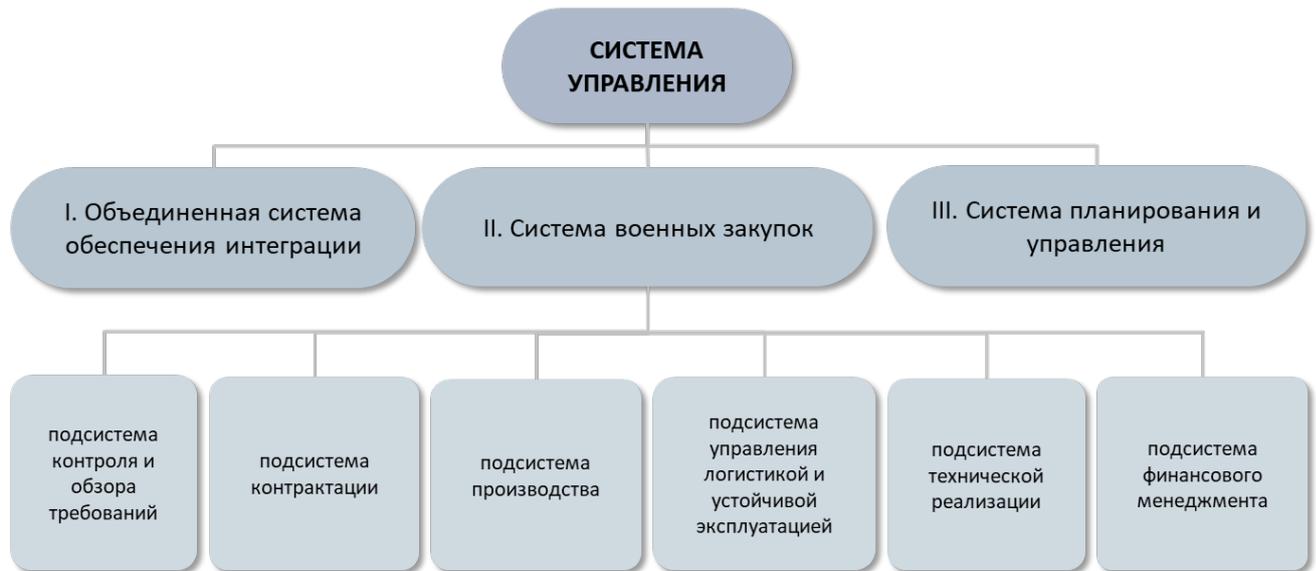


Рисунок 15 – Схема интегрированной системы управления жизненным циклом ВВТ США

Источник: составлено на основе анализа [92, 137, 234].

Первый уровень: объединенная система интеграции и разработки военной техники – JCIDS (Joint Capabilities Integration and Development System), которая обеспечивает разработку единых требований к образцам ВТ и технологий, планирование направлений НИР и ОКР. Взаимодействие участников JCIDS регламентируется Военной доктриной [242] и Инструкцией Joint Capabilities Integration and Development System (JCIDS) от 10 января 2012 г. [243], которая применяется членами Комитета начальников штабов, начальниками и ключевыми специалистами управлений (например, Центрального разведывательного управления), командирами войсковых соединений, начальниками департаментов МО. Она содержит конкретные процедуры для функционирования системы JCIDS и ее развития, а также требования к персоналу, задействованному в системе, формы

документов JCIDS и утвержденных требований, включая требования по управлению сертификацией учебной программы для персонала, участвующего в процессе JCIDS.

Второй уровень: система военных закупок – DAS (Defense Acquisition System). Обеспечивает распределение ответственности, полномочий и организацию взаимодействия МО США, компаний-разработчиков и поставщиков при реализации программ проектирования и разработки, производства, поставки, эксплуатации ВВТ. Система на этом уровне включает в себя шесть подсистем:

1) подсистема контроля и обзора требований. В рамках этой подсистемы обеспечивается распределение ответственности, полномочий и организация взаимодействия в процессе формулировки адекватных требований к закупкам (включая НИР и ОКР);

2) подсистема контрактации. В рамках этой подсистемы осуществляется управление со стороны государства процессом закупок: выбираются поставщики, формулируются условия контрактов, заключаются контракты, определяются меры по управлению поставщиками и мониторингу исполнения контрактов;

3) подсистема производства продукции (услуг). В рамках этого блока государство управляет производством ВВТ по гособоронзаказу;

4) подсистема управления логистикой и устойчивой эксплуатацией. В рамках этого блока государство управляет поставкой ВВТ, развертыванием ВВТ в войсках, эксплуатацией, ремонтами и обслуживанием ВВТ;

5) подсистема технической реализации. В рамках этой подсистемы государство управляет решением технических проблем при поставке и эксплуатации ВВТ;

6) подсистема финансового менеджмента. В рамках этой подсистемы государство управляет финансовыми расчетами, осуществляет контроллинг, получает и анализирует финансовую отчетность по каждому конкретному образцу.

Третий уровень: система планирования, управления программами, бюджетирования и реализации проектов и программ (Planning, Programming, Budgeting and Execution Process – PPBE). Функционирование данной системы

сосредоточено на процессах оперативного управления НИР, ОКР для ВВТ. В рамках процессов решаются следующие основные задачи: управление жизненным циклом; управление стоимостью ЖЦ; мониторинг проектов на основе итоговых метрик поддержки ЖЦ; планирование поддержки ЖЦ; административное управление поддержкой ЖЦ.

Типовой ЖЦ образца ВВТ США разделен на шесть этапов от момента зарождения концепции вплоть до утилизации (рисунок 16).

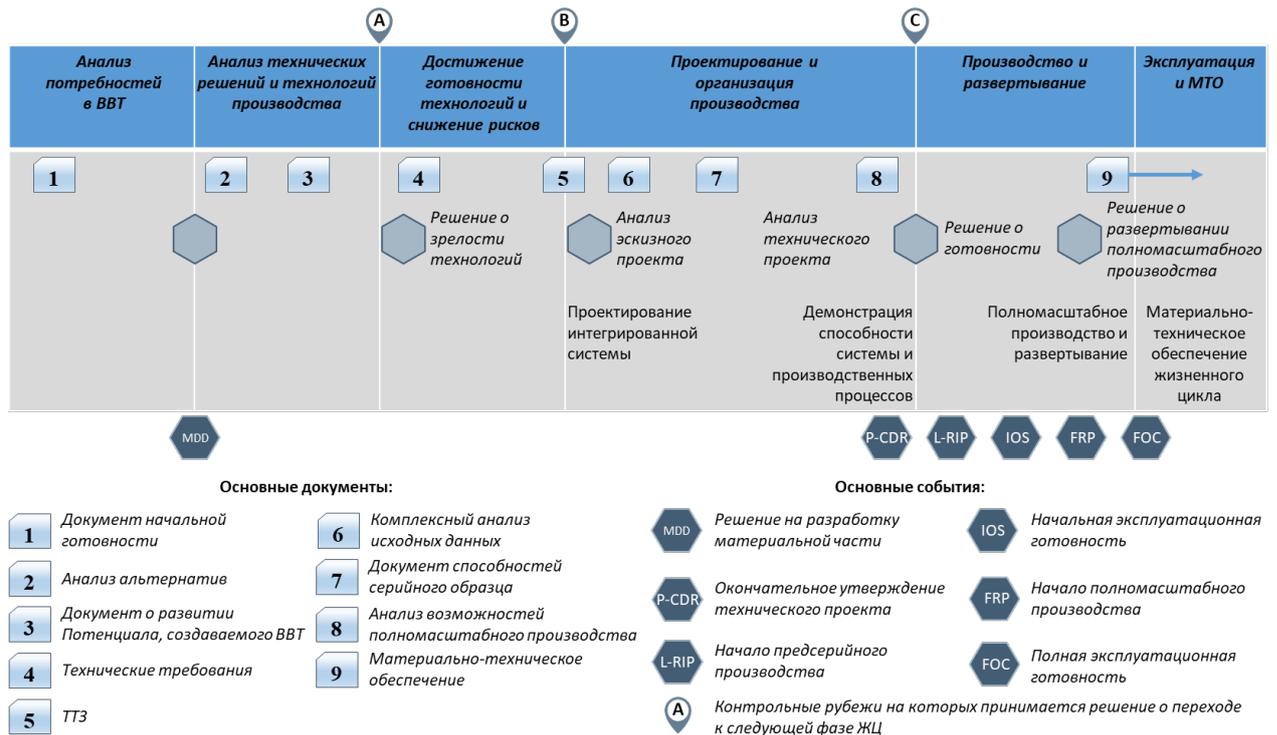


Рисунок 16 – Типовая схема ЖЦ образца ВВТ США.

Источник: составлено на основании [92].

Принятие решений, санкционирующий переход на следующий этап и заключение контрактов, осуществляется на трех контрольных рубежах (milestones) А, В, С, при этом каждый из них инициирует дальнейшее развитие ЖЦ:

А – разработку технологий;

В – техническую разработку образца (системы ВВТ) и технологическую подготовку производства. Важно, что решение на контрольном рубеже В (начало программы приобретения системы после окончания этапа разработки технологий)

не принимается ни при каких обстоятельствах без наличия полного финансирования до конца жизненного цикла образца;

С – производство и принятие на вооружение системы, а также ее дальнейшую эксплуатацию вплоть до момента утилизации.

Последовательность этапов и контрольных рубежей дополняется точками принятия важных решений и проведения критических анализов. Их цель состоит в тщательной оценке готовности программы к переходу на очередной этап процесса приобретения и принятия решений о дальнейшем финансировании, таких как: решение о разработке ВВТ и технологиях их производства; утверждение документа о развитии потенциала создаваемой системы ВВТ; решение о выпуске запроса на предложение о разработке; окончательное утверждение технического проекта; начало предсерийного производства; решение о крупномасштабном производстве; начальная эксплуатационная готовность; полная эксплуатационная готовность.

Основное содержание проводимых мероприятий на стадиях ЖЦ ВВТ США показано на рисунке 17.

Ключевой фигурой в управлении ЖЦ ВТ является менеджер программ – сотрудник МО США, обладающий полномочиями для управления программами. Для каждой программы создания тяжелых вооружений существует отдельный МП (в настоящее время существует около 80 таких программ).

Управление поставщиками осуществляется производственными менеджерами (ПМ) МО США – ПМ (Product Support Manager — PSM), которые административно подчиняются соответствующему МП.

Менеджер программ является ключевой фигурой ИСУ. Его роль в системе определена главными нормативными документами системы: «Менеджер программ должен быть единой точкой ответственности за достижение целей программы при управлении всеми стадиями жизненного цикла систем, включая обеспечение применения».

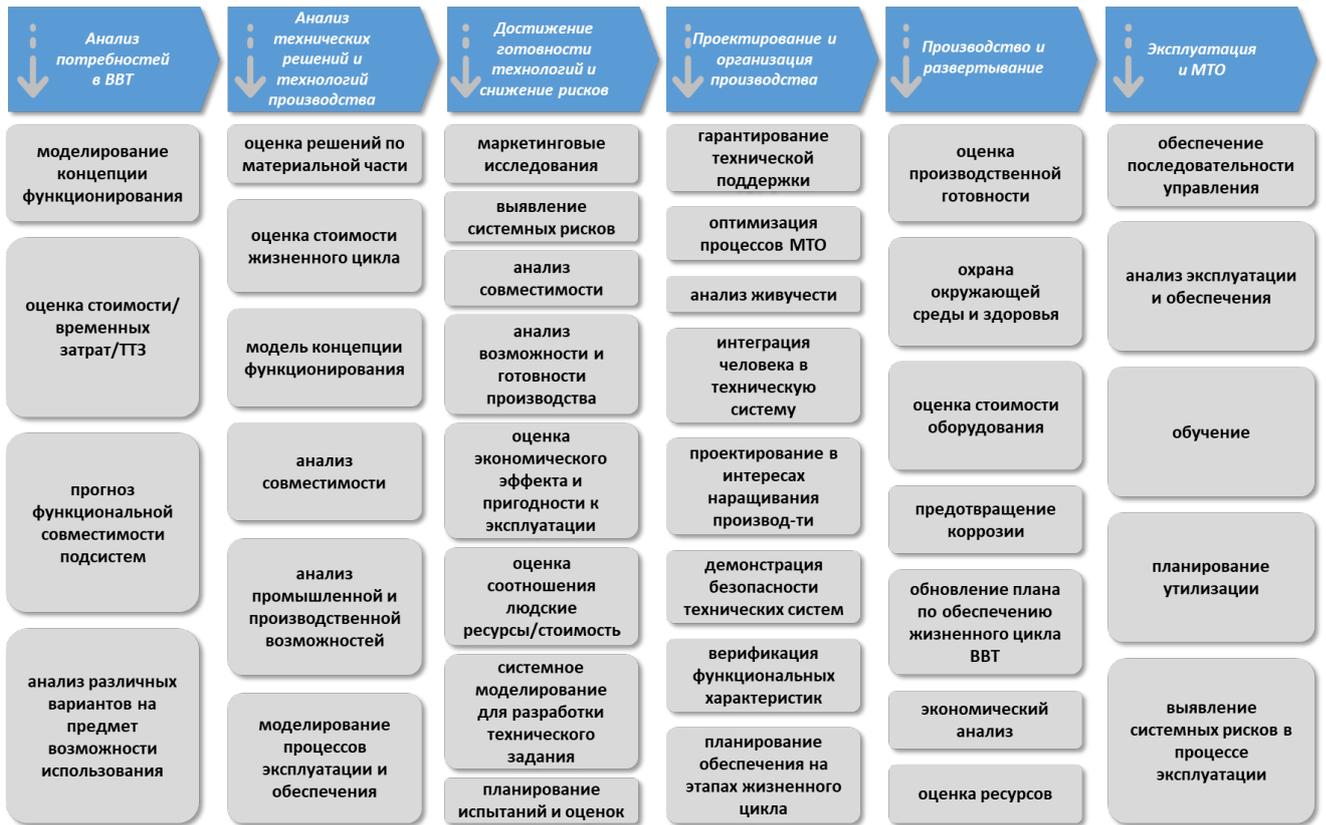


Рисунок 17 – Содержание проводимых мероприятий на стадиях ЖЦ ВВТ

США

Источник: составлено на основании анализа [92, 235] и материалов собственных мониторинговых исследований [103].

Он распорядитель бюджета программы создания и поставки ВВТ, работодатель для участников программы. И его важнейшая задача — экономия затрат на всем протяжении жизненного цикла ВВТ. Эта главная задача включает две подзадачи:

1) экономия затрат при снабжении ВВТ, для которой в документах системы применяется термин «логистика, основанная на эффективности» (Performance-Based Logistic). Менеджер программ должен развивать и осуществлять стратегическое управление на основе такой организации логистики, которая оптимизирует доступность общей системы при минимизации затрат и материально-технического снабжения;

2) экономия затрат на всех стадиях жизненного цикла, для которой в документах системы применяется термин «поддержка жизненного цикла ВВТ, основанная на эффективности» (Performance Based Life Cycle Product Support). Менеджер программ должен нанимать эффективный персонал, который будет обеспечивать планирование, разработку, реализацию и управление жизненным циклом продукции [239].

Важным является, то обстоятельство, что принятие решений на этапах ЖЦ осуществляется единолично МП на основе экспертных заключений (оценок) специалистов по отдельным подсистемам образцов ВВТ. Поддержка принятия решений с использованием методического обеспечения по управлению ЖЦ ВВТ нормативными документами не предусмотрена. Такой подход основывается на профессиональном опыте и интуиции эксперта и исключает получение численных оценок качества и других характеристик подсистем ВВТ, а также их вклада в интегральные показатели образца ВВТ.

Большое внимание при создании инновационного ВВТ уделяется рискам, сопутствующим процессам ЖЦ ВВТ. При этом военное руководство США исходит из следующих установок:

на инновационное ВВТ невозможно предоставить исчерпывающие гарантии приемлемости риска применения, потому что опыта применения нет (практически нет);

риск закупки инновационного ВВТ значимый, поэтому его закупка выгодна только тогда, когда существует одна из трех ситуаций или при их комбинации:

а) эффект от использования инновационного ВВТ выше, чем от использования существующего и полностью перекрывает риски от его применения;

б) эффект от использования инновационного ВВТ выше, чем от использования существующего, но не полностью перекрывает риски от его применения. В этом случае государство субсидирует закупки инновационного ВВТ в размере, превосходящем неопределенные риски применения;

в) эффект от использования инновационного ВВТ выше, чем от использования существующего, при этом инновационное ВВТ спроектировано, верифицировано и валидировано так, что гарантии приемлемости рисков были достоверны, а сами риски относительно незначительны и приемлемы.

Способствует эффективному применению механизма управления рисками – финансовые гарантии, закладываемые на весь период ЖЦ ВВТ, которые следует соотносить с контрольным рубежом В.

На основании практического опыта американскими специалистами сделан вполне оправданный вывод о том, что более 70 % затрат в период полного ЖЦ технически сложного ВВТ приходится на стадию эксплуатации [92]. Это определило выработку организационно-технических решений, способствующих снижению затрат. К ним относятся:

проведение независимой экспертизы материально-технического обеспечения на стадии эксплуатации не реже одного раза в пять лет;

применение контрактов ЖЦ, ориентированных на конечный результат с четким разделением ответственности между МО США и поставщиками сервисной поддержки. Используется четыре типа контрактов (таблица 5) с различными ключевыми критериями.

Таблица 5 – Типы контрактов ЖЦ ВВТ США

Тип контракта	Содержание контракта	Ключевой критерий
1 тип	приобретение компонентов (запасных частей) и услуг МО у поставщиков	-
2 тип	подрядчик организует логистическую цепочку и обеспечивает поставку компонентов (запасных частей) и предоставление услуг	средняя продолжительность простоя
3 тип	полное обеспечение ВВТ на уровне системы	техническая готовность системы
4 тип	полная ответственность за обеспечение эксплуатации. Интегратор сервисной поддержки отвечает перед МО за полный цикл логистической обеспечения и эксплуатации систем ВВТ	оперативная готовность

Источник: составлено на основании [92].

Также мерами обеспечивающего характера, сопровождающими ВВТ на всех стадиях ЖЦ ВВТ США являются, прежде всего, организация непрерывного МТО (отдельное документальное приложение к стратегии приобретения) и выбор постоянных подрядчиков обслуживания систем ВВТ. Кроме того, большое внимание уделяется подготовке и удержанию высококвалифицированного персонала по эксплуатации систем ВВТ.

Другой характерной особенностью, используемой в ИСУ, в настоящее время является механизм формирования единого информационного пространства, объединяющий все области процессов ЖЦ ВВТ, включая управление, системное проектирование, испытания и оценку. Менеджеры программ, отвечающие за ЖЦ, конкретного ВВТ, обязаны стремиться к созданию информационного окружения, которое согласуется с информационной корпоративной архитектурой МО США, решаемыми задачами и информационной структурой министерств и разных видов ВС (самостоятельных управлений). Принимаемые решения по виду и структуре программного обеспечения ЖЦ ВВТ должны соответствовать требованиям к функциональным возможностям и интероперабельности (совместимости), утвержденным информационными стандартом, а также условиям безопасности и кибербезопасности.

Согласно приложению № 3 к Инструкции МО 5000.02 от 7 января 2015 г., в ИСУ особая роль отводится принципам системного проектирования в процессе разработки новых типов вооружений. Их использование обеспечивает взаимосвязь между техническими процессами и конструкторскими решениями и позволяет достичь баланса между ТТХ образца ВВТ, стоимостью его ЖЦ, рисками в эксплуатации в рамках как одной подсистемы или программы, так и их совокупности. Эта деятельность рассматривается в двух аспектах:

во-первых, менеджеру программы предписано обязательное включение имитационного моделирования в планы и ОКР с целью подтверждения результатов анализа и обоснования принимаемых решений в течение всего ЖЦ ВВТ. Считается, что разработанные модели и получаемые с их помощью данные позволят повысить

эффективность процессов создания ВВТ, проверять их на практике и контролировать ход выполнения работ в течение всего ЖЦ образцов;

во-вторых, системное проектирование ЖЦ ВВТ США подразумевает рассмотрение на каждом контрольном рубеже и точках принятия решений фактического состояния разработки и эксплуатации программного обеспечения (ПО) для ЭВМ. Необходимость такого подхода обусловлена высокой стоимостью ПО, которое для отдельных изделий может составлять большую часть общих затрат на ЖЦ.

Основными принципами построения и функционирования ИСУ явились:

единоначалия, личной ответственности должностных лиц. Проявляется в личной ответственности за реализацию, управление и надзор со стороны назначенного менеджера программы по всем видам деятельности, связанным с приобретением, разработкой, производством, полевым применением, автономным расположением и утилизацией систем военной техники в течение всего ее ЖЦ;

иерархичности управления. Объединенный комитет начальников штабов США управляет всем жизненным циклом ВВТ с помощью менеджеров проектов МО США. Такой менеджер, как правило, высококлассный администратор проектов в ранге старшего офицера, имеющий университетское образование, нередко ученую степень, обладающий большим опытом участия в проектах создания ВВТ, высшими уровнями квалификации по управлению проектами.

Министерство обороны США осуществляет надзор за производством ВВТ у конечных поставщиков ВВТ с помощью производственных менеджеров МО США, а надзор за производством компонентов, узлов и агрегатов у поставщиков второй линии и далее осуществляют производственные менеджеры компаний и организаций – конечных поставщиков. Замыкает контур управления сотрудники предприятий и эксплуатанты ВВТ;

законности. Анализ затрат в ИСУ, финансовый мониторинг и аудит осуществляет счетная палата, которая выпускает нормативные документы по управлению финансами в рамках ИСУ (например, Руководство по оценке) [235]. Все поставщики ВВТ в рамках заключаемых контрактов обязаны использовать эти

нормативные документы, предоставлять финансовую отчетность, сокращать издержки производства, поставки и т.д. Аналогично и эксплуатанты ВВТ в частях и соединениях обязаны использовать эти нормативные документы, предоставлять финансовую отчетность, сокращать издержки эксплуатации, риски и т.д. «Пилотным» соединением среди эксплуатантов ВВТ являются ВВС США. Разработанные ими нормативные документы (например, Руководство ВВС по стоимости рисков и анализу несоответствий) [236] используются в других родах войск. Таким образом, заказчик (государство) жестко контролирует финансовый поток в гособоронзаказе на всем его протяжении с помощью как системы документальной отчетности, так и информационных систем МО США, войсковых частей и соединений, предприятий и организаций.

Поставщики ВВТ при заключении контракта обязуются выполнять в полном объеме требования нормативного документа Earned Value Management Implementation Guide (EVMIG) [207]. В эти требования и отчетность по их выполнению включены требования по использованию методов бережливого производства как инструмента для сокращения производственных затрат, которые подвергаются жесткому постоянному мониторингу со стороны. Данные требования основаны на стандарте США ANSI/EIA-748 [240] и Руководстве по внедрению ANSI/EIA-748 (NDIA PMSC ANSI/EIA-748-A Intent Guide), которые включают требования к системе менеджмента предприятий – поставщиков ВВТ, в том числе требования международного стандарта сообщества автомобильных инженеров (SAE) SAE J4000 по бережливому производству [241]:

обратной связи, которая реализуется за счет унифицированных критериев мониторинга ЖЦ и наличия единого информационного пространства участников ЖЦ. Для этого разработаны Руководства по надзору за ОПК со стороны МО (Defense Industrial Base Assessment) и пять базовых критериев оценки организаций по всем стадиям ЖЦ ВВТ:

критерий материальной доступности ВВТ (в срок поставлена, развернута, обслужена и т.д.);

критерий операционной доступности ВВТ, для производственных предприятий – это критерий производственной готовности к выполнению квартального производственного задания (по персоналу, оборудованию, МТО, технологиям, средствам контроля и испытаний, производственной среде);

критерий надежности в эксплуатации ВВТ;

критерий стоимости владения ВВТ, для производственных предприятий – это критерий производственной себестоимости;

критерий времени восстановления ВВТ после отказа.

Кроме того, поставщики и эксплуатанты ВВТ обязаны проводить регулярный внутренний финансовый аудит в соответствии с нормативными документами Счетной палаты США [236];

внутренней и внешней совместимости. Менеджеры программ, отвечающие за ЖЦ конкретного ВВТ, обязаны стремиться к созданию информационного окружения, которое совместимо с информационной корпоративной архитектурой МО США, решаемыми задачами и информационной структурой министерств и разных видов ВС (самостоятельных управлений). Принимаемые решения по виду и структуре программного обеспечения ЖЦ ВВТ должны соответствовать требованиям к функциональным возможностям и интероперабельности (совместимости), утвержденным информационным стандартом, а также условиям безопасности и кибербезопасности;

параллельного проектирования. Проектирование образца ВВТ, подсистем образца ВВТ, технологий производства и монтажа, процесса эксплуатации осуществляется рабочими группами по единой технологии, обмениваются данными проекта и знаниями в режиме реального времени.

непрерывного развития, в соответствии с которым в ИСУ большое внимание уделяется менеджменту карьеры и управлению компетенциями специалистов МО США, осуществляющих управление закупками/созданием ВВТ. Основным нормативным документом в данной сфере является Defense Acquisition Workforce Improvement Act [244]. Управление обучением специалистов, задействованных в ИСУ, осуществляет МО США. Разработаны и аккредитованы учебные планы и

рабочие программы курсов, подготовка по которым осуществляется как военно-учебными заведениями США, так и ведущими университетами. Примером может служить учебная программа переподготовки специалистов МО США в DAU (Defense Acquisition University – Военном университете закупок), ведущем учебном центре в данной области. Ведущие компании, участвующие в выполнении гособоронзаказа США, имеют в своей структуре консультационно-учебные центры (отделения компании в составе холдингов, например, Боинг имеет в структуре Boeing Professional Servis).

На современном этапе возможности ИСУ позволяют решать сложный комплекс задач, важнейшими из которых являются:

- 1) согласование требований к перспективным разработкам ВВТ на всех уровнях;
- 2) эффективное сквозное управление проектами создания ВВТ;
- 3) сквозное «развертывание» и «трассировка» требований по всем участникам цепочки поставок ВВТ на стадии разработки и подготовки производства ВВТ;
- 4) эффективное проектирование ВВТ, систем, агрегатов и компонентов, обеспечивающее создание гарантий качества продукции уже на этапе проектирования;
- 5) эффективное управление цепочками поставок ВВТ, включая выбор и оценку поставщиков, осуществление закупок, мониторинг поставок, аудиты третьей стороной (организация NADCAP);
- 6) мониторинг деятельности всех участников цепочки поставок ВВТ и предоставление ими отчетности по ключевым характеристикам (параметрам качества компонентов, агрегатов и систем ВВТ, оказывающих наибольшее влияние на ее функционирование), рискам их реализации и стабильности ключевых характеристик в производстве; по исполнению бюджета проектов создания ВВТ и компонентам затрат на разработку, производство ВВТ.
- 7) предоставление отчетности всеми участниками цепочек поставок ВВТ и мониторинг их деятельности и эксплуатации ВВТ по единым базовым критериям.

Система включает отраслевые базы знаний, обеспечивающие идентификацию, мониторинг деятельности и предоставление отчетности по рискам, отказам и дефектам ВВТ как на уровне отрасли, так и на уровне частей и соединений, а также мониторинг корректирующих, предупреждающих действий и изменений для всех участников цепочек поставок ВВТ и эксплуатации ВВТ.

Таким образом, проведенный анализ опыта построения и функционирования ИСУ ЖЦ ВВТ США позволяет сделать следующие выводы:

создание ИСУ было обусловлено необходимостью оптимизации государственных расходов, выделяемых на ЖЦ ВВТ, а также значительным усложнением современных ВВТ, потребовавшим пересмотра роли и места участников ЖЦ;

государственная поддержка и законодательное регулирование, заинтересованность предприятий разработчиков и производителей, а также наличие у них единой цели способствовали построению эффективной системы;

наличие строго регламентированных задач и функций участников ЖЦ, а также менеджера проекта, обладающего полномочиями по управлению ими (координированию) на протяжении всего ЖЦ, позволило выстроить строгую иерархию в управлении;

принятие ключевых решений по целесообразности дальнейшего продолжения ЖЦ ВВТ осуществляется в трех контрольных рубежах на основе экспертных заключений специалистов, без применения специального методического обеспечения;

важной составляющей управления ЖЦ ВВТ США является комплексное управление рисками на всех стадиях и этапах;

наличие единого информационного пространства способствовало формированию устойчивых связей между элементами ИСУ.

Таким образом, ИСУ ПЖЦ ВВТ США жестко структурирована в соответствии со стадиями ЖЦ, а также интегрирована с бюджетными процессами США и системой приобретения.

С учетом представленных особенностей можно справедливо утверждать, что опыт ОПК и МО США по построению и функционированию ИСУ ЖЦ ВВТ является весьма полезным, но при этом его внедрение в практику создания и эксплуатации ВВТ необходимо осуществлять с учетом существующих условий функционирования военной организации РФ.

Основным отличием следует считать цель и задачи управления ЖЦ изделий ВВТ сформированными в соответствии с требованиями ТТЗ, достижение и решение которых направлено на полное соответствие предъявляемым требованиям, в свою очередь, создание образцов ВВТ в условиях американской ИСУ США осуществляется системно, с учетом требований сопряженных и взаимодействующих систем, даже в ущерб предъявляемым требованиям.

ГЛАВА 2 ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ, ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ И ПРИНЦИПЫ ОБОСНОВАНИЯ ОБЛИКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

К жизненному циклу ВВТ имеют отношение в различных его аспектах многие разделы военной науки [21, 27]. Наиболее существенный вклад в развитие теоретических основ управления ЖЦ ВВТ вносят теория вооружения, теория технического оснащения, теория технического (тылового) обеспечения и теория военного управления. Каждая из них имеет свою роль, место и значение в ходе ЖЦ (рисунок 18) и соответствующую методологическую и прагматическую составляющие.

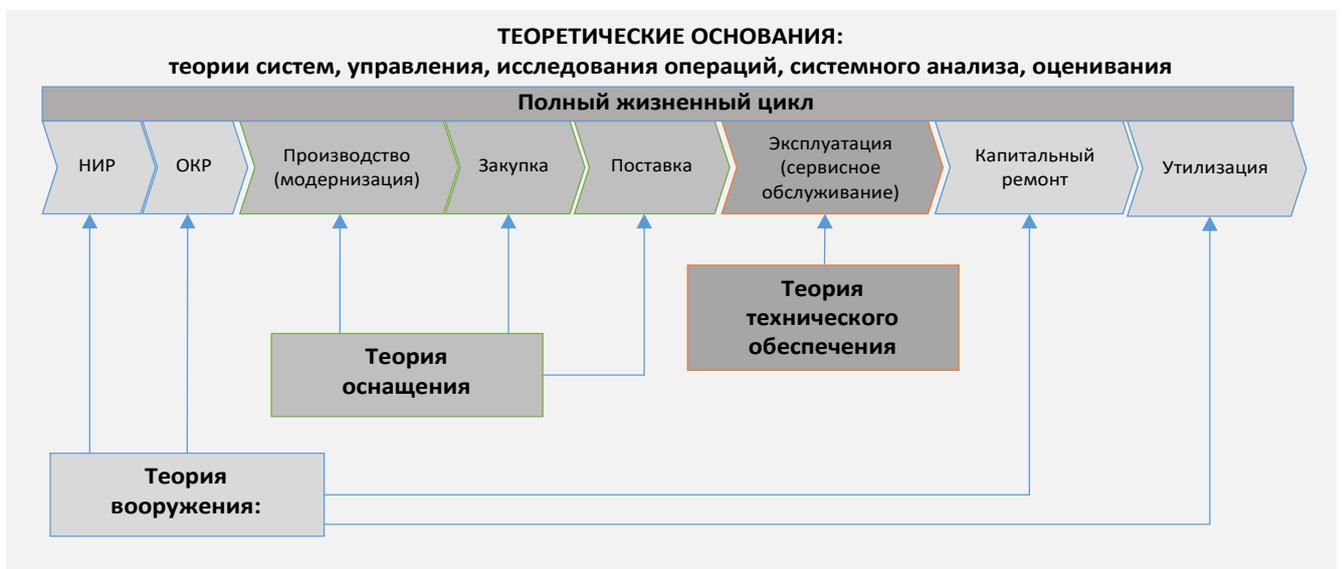


Рисунок 18 – Место военных наук в ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Теория военного управления позволяет предвидеть и объяснить наличие тех или иных процессов управления ЖЦ, раскрыть их сущность, обосновать структуру

системы управления. Необходимо отметить, что теория управления является связующей основой для управления процессами ЖЦ ВВТ.

Теория вооружения [44] объединяет проблемные вопросы, связанные с исследованием способов организации и всестороннего обеспечения процессов, связанных с разработкой систем ВВТ, а также управления ими, изучением и выработкой рекомендаций по проблемам утилизации ВВТ.

Исследование проблем по гармонизации потребностей государства в вооружении с его научно-технологическими, экономическими и финансовыми возможностями возложено на теорию оснащения [46].

Теория технического (тылового) обеспечения решает задачи по поддержанию достигнутого при разработке и производстве технического уровня ВВТ и обеспечению требуемого уровня готовности.

Соответственно разрабатываемые теоретические положения по обоснованию облика СУ ПЖЦ решают задачи по согласованию, систематизации и упорядочению задач и функций ОУ заказчика по управлению процессами ЖЦ ВВТ. Их совокупное решение направлено на достижение требуемых значений готовности ВВТ и обоснование, формирование, реализацию и поддержание его технического уровня за счет системного рассмотрения процессов полного ЖЦ. Данные положения, содержащие концептуальные, методологические и методические основы решения указанных задач, их содержание и взаимосвязь, представлены на рисунке 19.



Рисунок 19 – Содержание теоретических положений обоснования облика СУ ПЖЦ

Источник: составлено авторами.

2.1 Сущность управления жизненным циклом вооружения и военной техники

Жизненный цикл ВВТ представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий ВВТ, направленных на реализацию взаимоувязанного комплекса мероприятий по обоснованию, достижению, обеспечению, поддержанию и восстановлению требуемых значений параметров ВВТ (Рисунок 20).

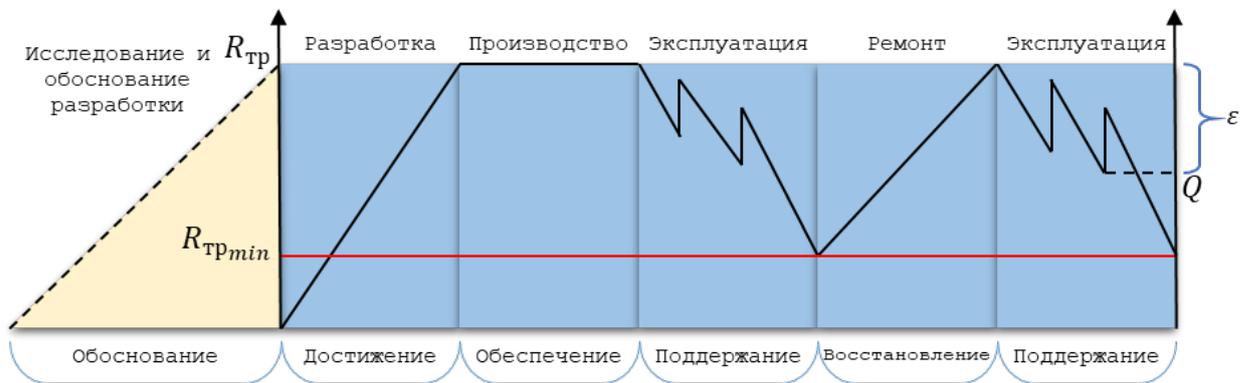


Рисунок 20 – Жизненный цикл:

$R_{тр}$ – требуемые значения параметров ВВТ; $R_{тр min}$ – минимально-допустимые значения параметров ВВТ;
 Q – фактические значения параметров ВВТ; ε – величина рассогласования между требуемыми и фактическими значениями параметров ВВТ

Источник: составлено авторами.

Целенаправленность данным мероприятиям придает управление. Оно представляет собой циклический процесс формирования и оказания согласованных управляющих воздействий на систему этапов ЖЦ ВВТ, обеспечивающих требуемые значения параметров ВВТ и его ЖЦ. Совокупность и динамика изменений этих воздействий представляет собой управление ЖЦ ВВТ. В данном случае цель управления – это значения (соотношение значений) параметров в ОБУ или их изменения во времени, при которых обеспечивается достижение требуемого состояния объекта управления. Обобщенная схема управления ЖЦ ВВТ показана на рисунке 22.

В соответствии с этой схемой участники ЖЦ ВВТ (субъекты управления) на основе анализа цели управления и задач, подлежащих решению, осуществляют выработку целенаправленных воздействий на ОБУ, которые приводят к его последовательному преобразованию. Требуемое состояния ОБУ задается требованиями, устанавливаемыми в ограничениях, ОТТ, ГОСТ и нормативных документах. Разность между требуемым и конечным состоянием ОБУ посредством обратной связи передается в СубУ.

Данная деятельность ведет к установлению новых состояний объектов, изменению самих субъектов, их целей, имеющихся методов управления.

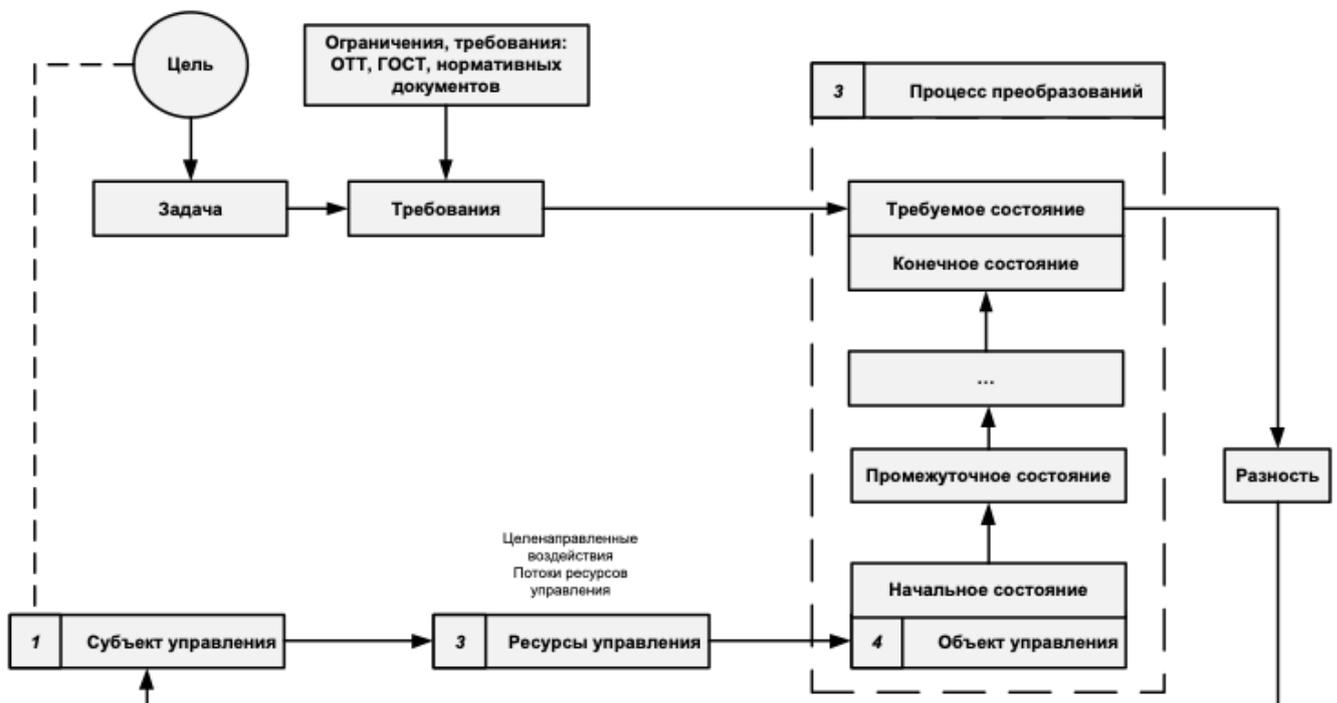


Рисунок 21 – Обобщенная схема управления ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Многokrатное повторение описанной процедуры составляет сущность процесса управления ЖЦ ВВТ. Выделенное же в некоторый момент времени состояние этого процесса отражает текущее состояние объектов управления.

Исходя из этого, под управлением ЖЦ ВВТ в исследовании будет пониматься процесс целенаправленного воздействия на характеристики процессов и характеристики изделий ВВТ с целью достижения требуемых значений параметров

ВВТ и его ЖЦ с момента определения требований к нему до снятия с эксплуатации образца данного изделия.

Таким образом, рисунок 21 отражает не только взаимосвязи элементов управления, но и динамику их развития как единство и борьбу противоположностей между целями СубУ и методами их достижения. Особенность рассматриваемого процесса состоит в высокой степени неопределенности, присущей процессам ЖЦ, не позволяющей гарантировать получение требуемых результатов в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Это обуславливает важность принимаемых решений на каждом этапе ЖЦ, необходимость их тщательного обоснования и четкого согласования действий всех СубУ.

В условиях высокой неопределенности это обоснование и согласование достигается делением общего процесса управления ЖЦ ВВТ на достаточно короткие управленческие циклы, в каждом из которых на СубУ возлагаются следующие функции:

идентификации, заключающейся в обработке сигналов обратной связи от объектов управления путем добывания, сбора и отображения необходимых для управления ЖЦ данных;

анализа, направленной на определение величины рассогласования между требуемыми и фактическими значениями параметров;

планирования управленческих воздействий, формирующей управленческие решения в интересах обеспечения требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ;

реализации управленческих воздействий, позволяющей провести детализацию решения до уровня постановки задач исполнителям и осуществить контроль результатов цикла управления.

Перечисленные функции реализуются посредством синтеза кибернетического контура управления, отражающего их взаимосвязи в процессе создания и эксплуатации ВВТ и определяющего прямые и обратные связи с объектом управления.

В масштабах ЖЦ изделия ВВТ претерпевают эволюционные изменения состояний от возникновения замысла о создании, использования и последующего списания. Данные изменения обеспечивают реализацию некоторой программы по созданию и эксплуатации ВВТ на основе правил и процедур, регламентированных нормативно-техническим обеспечением. В соответствии с системным подходом данная деятельность представляет собой процесс, обладающий определенными входами и выходами (рисунок 22).

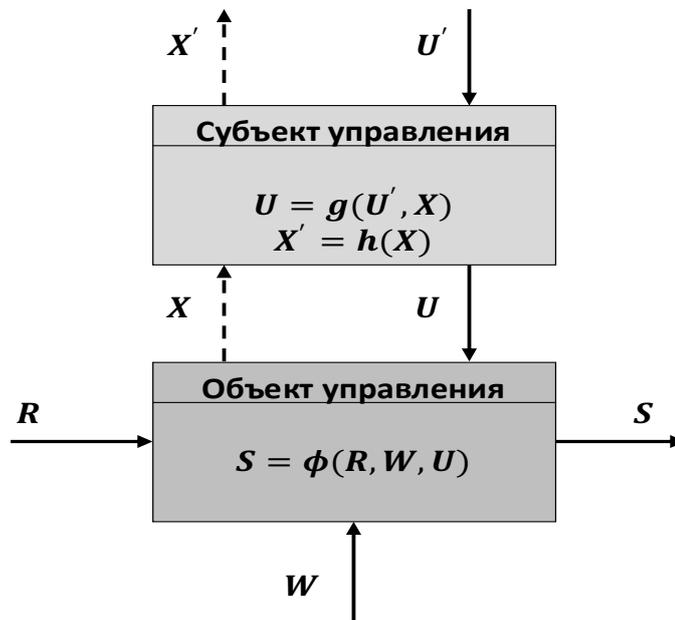


Рисунок 22 – Общесистемные понятия управления ЖЦ:

X' – показатели состояния управляющей системы; U' – решения по созданию и развитию управляющей системы; X – показатели состояния объекта управления; U – управленческие решения; R – ресурсы, S – изделия ВВТ и его параметры; W – параметры внешней среды. Источник: составлено на основании [168].

Входы процесса R представляют собой используемые ресурсы (имеющийся научно-технический задел, результаты НИОКР, материалы, денежные ресурсы), а выходы процесса S – изделие ВВТ и совокупность параметров его ЖЦ, которые формируются в процессе разработки, производства, использования по назначению, технического обслуживания, ремонта, модернизации и других работ.

Приняв допущение, что процесс управления ЖЦ ВВТ является открытой системой, т. е. ее функционирование зависит, в том числе и от воздействия внешней среды W . Учитывая, что управление параметрами ВВТ и его ЖЦ осуществляется посредством управленческих воздействий U , обобщенную модель процессов в этой системе можно представить в виде некоторой зависимости φ выходных параметров от входных

$$S = \varphi(R, W, U). \quad (3)$$

В общем случае, имеет место множество моделей, описывающих процессы в объекте управления

$$F' \{ \varphi_i : i = 1, \dots, n \}. \quad (4)$$

Формирование рациональной совокупности моделей $F \subseteq F'$, наиболее точно отражающих процессы создания и эксплуатации ВВТ, является одной из задач построения СУ ПЖЦ.

Таким образом, управляющая система (субъект управления) представляет собой совокупность подсистем идентификации, анализа, планирования и реализации, обеспечивающих целенаправленное функционирование СУ ПЖЦ в соответствии с установленными критериями.

На вход управляющей системы поступают решения по ее созданию и развитию из вышестоящего уровня управления. В соответствии с этими воздействиями и показателями X обратной связи управляющая система формирует управленческие решения U , которые передаются в объект управления (ОбУ). Результаты работы управляющей системы возвращаются по обратной связи X' . Функциональные зависимости, связывающие управленческие решения и показатели обратной связи, имеют вид

$$U = g(U', X), \quad (4)$$

$$X' = h(X). \quad (5)$$

Формирование решений представим в виде некоторой зависимости g , характеризующей отображение X в Y . Множество моделей процесса выработки управляющих решений запишется в виде

$$G' = \{g_j: j = 1, \dots, m\}. \quad (6)$$

В формуле (7) будем полагать, что каждая модель g_j содержит критерий эффективности, в соответствии с которым выбирается оптимальное или рациональное управленческое решение среди множества альтернатив. Формирование совокупности моделей $G \in G'$, адекватно описывающих процессы управления в сложившейся ситуации, также относится к задачам обоснования облика СУ ПЖЦ.

Выполнение мероприятий, необходимых для достижения цели управляющей системы, требует определенного времени. Обобщенная модель системы имеет динамический характер и представляет собой некоторые зависимости g и h , показывающие, как формируются выходные векторы на основе входных векторов во времени

$$U(t + \Delta t) = g(U'(t), X(t)); \quad (7)$$

$$X'(t + \Delta t + T') = h(U(t + \Delta t), X(t + \Delta t + \tau)), \quad (8)$$

где U – исходящее управляющее воздействие;

Δt – период времени, необходимый для формирования исходящего управляющего воздействия;

U' – входящее управляющее воздействие;

X – входящие показатели обратной связи;

X' – исходящие показатели обратной связи;

T' – время отклика управляющей системы;

τ – время отклика объекта управления.

Таким образом, все множество мероприятий в области управления жизненным циклом ВВТ может быть представлено в виде взаимосвязанной, логически упорядоченной совокупности управляющей системы и объекта управления.

2.2 Понятийный аппарат в области управления жизненным циклом вооружения и военной техники

Коренным методологическим вопросом исследования ЖЦ ВВТ и синтеза рациональных механизмов управления деятельностью его участников в ходе осуществления контроля процессов создания и эксплуатации является в первую очередь разработка систематизированного терминологического и понятийного аппарата [143], регулирующего вопросы управления ЖЦ с последующей их классификацией ЖЦ ВВТ.

Проведя обобщение существующей терминологической базы [69, 70, 71, 82, 83], управленческой деятельности в отечественных и зарубежных официальных документах, предлагается усовершенствованный понятийный аппарат в области управления ЖЦ ВВТ и его классификация.

Центральным понятием в исследуемой предметной области выступает, прежде всего, термин «жизненный цикл», поэтому обратимся к его этимологии. Изначально, следует указать, что сам по себе термин достаточно противоречив, так слово «цикл» (от греч. *kuklos* – круг) буквально означает колесо и трактуется как совокупность явлений, процессов, составляющих кругооборот в течение известного промежутка времени. Объясняется это тем, что термин «жизненный цикл» появился в исследованиях по биологии, где взрослая особь дает потомство, как бы начиная новый «жизненный цикл», в технике же система потомства не воспроизводит.

В настоящее время существует множество определений жизненного цикла (таблица 6). Например, в Постановлении Правительства РФ от 15.09.2009 № 753 (ред. от 24.03.2011 г.) «Об утверждении технического регламента о безопасности

машин и оборудования» установлено, что жизненный цикл – это период времени от начала проектирования машины и (или) оборудования до завершения утилизации, включающий взаимосвязанные стадии (проектирование, производство, хранение, монтаж, наладка, эксплуатация, в том числе модернизация, ремонт, техническое и сервисное обслуживание).

Анализ представленных определений позволяет сделать вывод о том, что современное восприятие рассматриваемого явления весьма расплывчато и имеет очень большой спектр значений, варьируясь от модели процесса системы во времени до характеристик временных границ стадий и этапов ЖЦ.

В отношении военной техники добавил неопределенности Указ Президента РФ от 7 мая 2012 г. № 603, в котором Правительству РФ была поставлена задача: *«...обеспечить создание системы управления полным индустриальным циклом производства вооружения, военной и специальной техники – от моделирования и проектирования до серийного выпуска изделий, обеспечения их эксплуатации и дальнейшей утилизации».*

Таблица 6 – Этимология понятия «жизненный цикл»

Существующие подходы к определению понятия «жизненный цикл»	Источник (авторы (ы))	Сфера использования
Совокупность явлений и процессов, повторяющаяся с периодичностью, определяемой временем существования типовой конструкции изделия от ее замысла до утилизации или конкретного экземпляра изделия от момента завершения его производства до утилизации	ГОСТ Р 56136-2014	управление жизненным циклом продукции военного назначения (в т. ч. экспортируемой)
Совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий военной техники (материалов военного назначения) от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации и списания (окончания применения и (или) хранения)	ГОСТ РВ 52006 -2003	создание изделий военной техники
Развитие системы, продукции, услуги, проекта или другой создаваемой человеком сущности от замысла до списания	ГОСТ Р 57193–2016	системная и программная инженерия
Развитие рассматриваемой системы, во времени начиная от замысла и заканчивая списанием	ГОСТ Р ИСО / МЭК 15288–2005	системная инженерия

Существующие подходы к определению понятия «жизненный цикл»	Источник (авторы (ы))	Сфера использования
Развитие системы, продукта, услуги, проекта или других изготовленных человеком объектов, начиная со стадии разработки концепции и заканчивая прекращением применения	ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010	системная и программная инженерия
Временной интервал, включающий несколько стадий, каждая из которых отличается особым характером изменения объема производства во времени (время создания, продолжительность выпуска, время эксплуатации изделий потребителем)	Коршунова Е.Д. Известия вузов машиностроения, 2003, №3, с. 69)	машиностроение
Временной интервал от разработки продукции до снятия ее с эксплуатации и производства	Убей-Волк Ю. Логистика, 2002, №1, с. 39	логистика, производственная деятельность
Период от начала создания продукта (товара) до окончания его производства. В общем случае включает стадии разработки, освоения производства, производства и сбыта, эксплуатации	Экономическая энциклопедия / Под ред. А.Л. Абалкина, - М., 1999, с. 947	производственная деятельность, маркетинг,
Представляет собой модель процесса во времени и включает стадии: рост, зрелость, насыщение, спад	Данько Т.П. Управление маркетингом. - М., 2001, с. 11	менеджмент, производственная деятельность, маркетинг, логистика
Время с момента первоначального появления продукта на рынке до прекращения его реализации на данном рынке	Голубков Е. П. Маркетинг в России и за рубежом, 2001, № 5, с. 123	менеджмент, производственная деятельность, маркетинг, логистика

Источник: разработано на основании анализа материалов [77, 84, 85, 89] и исследования Т. Н. Сосниной [171].

Начальным этапом решения обозначенной задачи следует считать заседание Военно-промышленной комиссии при Правительстве РФ от 24 октября 2012 года, одним из результатов которой явилась Концепция разработки, внедрения и развития системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники [172]. Так, в определениях терминов концепции указано, что *полный жизненный цикл – это совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий военной техники (материалов военного назначения) от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации, списания (окончания применения и (или) хранения) и утилизации*

вооружения, военной и специальной техники. Других источников, трактующих значение данного термина, на сегодняшний момент не известно.

Результаты семантического анализа определения данного термина вполне определенно показывают, что его основная смысловая нагрузка содержит два признака: принадлежность и структура ЖЦ. Касательно первого признака можно констатировать, что данная часть определения не вызывает трудностей при понимании, т. е. с его помощью можно соотнести ЖЦ либо с военной техникой, либо с материалами военного назначения. В свою очередь, второй признак требует более пристального рассмотрения. В приведенном определении в качестве структуры ЖЦ задано две временные вехи начала и окончания ЖЦ, кроме того, указано – ... *взаимосвязанная совокупность процессов, последовательного изменения состояния*, которая предполагает преемственность между процессами. Такая трактовка структуры ЖЦ весьма расплывчата и не позволяет отразить объективную структуру ЖЦ.

Типовая структура ЖЦ изделий ВТ регламентирована государственным стандартом [69], которая содержит работы, выполняемые на стадиях ЖЦ и присущие им процессы последовательного изменения состояний изделий, отражающие характерные особенности (таблица 7).

Таблица 7 – Схема типового ЖЦ ВВТ

Стадия и вид работы	Этап (содержание) работы
1. Исследования и обоснование разработки 1.1 Проработки заказчика и исполнителей работ в области создания изделий	Формирование заказчиком исходных требований к выполнению НИР, АП, ОКР и рассмотрение их исполнителями работ
	Выбор исполнителей работ на конкурсной основе для размещения заказа
	Разработка ТТЗ (ТЗ) на выполнение НИР, АП, ОКР по созданию образцов (модернизации), систем (комплексов) ВТ, их составных частей, КИМП. Рассмотрение, утверждение и выдача ТТЗ (ТЗ) исполнителям работ
1.2 НИР по созданию изделий	Выбор направления исследований
	Теоретические и экспериментальные исследования с применением математического моделирования
	Обобщение и оценка результатов исследований НИР, СЧ НИР
1.3 Выполнение АП	Приемка НИР
	Теоретические и экспериментальные исследования по обоснованию возможности и целесообразности разработки образцов, систем (комплексов)

2. Разработка 2.1 ОКР по созданию изделия (модернизация изделия)	Разработка ЭП, ТП
	Разработка РКД и ТД для изготовления ОО изделия
	Изготовление ОО изделия и проведение ПИИ
	Проведение ГИ ОО изделия (модернизированного изделия)
	Утверждение РКД для организации промышленного (серийного, массового, единичного) производства изделий
3. Производство 3.1 Постановка на производство изделий	Подготовка производства
	Освоение производства
3.2 Установившееся промышленное производство изделий	Изготовление изделий промышленного производства
	Испытания и приемка выпускаемых изделий
3.3 Строительство, монтаж, сборка и наладка изделий	Строительство объектов, сооружений, монтаж и наладка изделий, требующих выполнения работ на месте эксплуатации
3.4 Поставка изделий	Отправление изделий заказчику
	Транспортирование (перевозка) изделий к месту назначения
	Приемка заказчиком изделий. Проверка количества, качества и комплектности
3.5 Снятие с производства изделий	Обоснование целесообразности, подготовка и утверждение документов о снятии изделий с производства
	Сохранение специального технологического оснащения, подлинников РКД, ТД, НД, обеспечение ЗИП изделий, снятых с производства, но находящихся в эксплуатации
4. Эксплуатация 4.1 Приемка (ввод) изделий в эксплуатацию	
4.2 Техническая, штатная, опытная, подконтрольная, лидерная эксплуатация изделий	Приведение в готовность
	Поддержание в готовности
	<i>Ожидание ТОиР, возврат неликвидного изделия</i>
	Использование по назначению
	Хранение (КХ, ДХ) в процессе эксплуатации
	Транспортирование в процессе эксплуатации
4.3 Прекращение эксплуатации изделий	Снятие изделий с эксплуатации
	Списание выводимых из эксплуатации изделий
5. Капитальный ремонт (при необходимости) 5.1 Работа по разработке ремонтной документации	Разработка ремонтных документов (конструкторских и технологических) для опытного ремонта
	Проведение опытного ремонта одного или нескольких изделий, их испытания и корректировка ремонтных документов по результатам опытного ремонта и испытаний
	Проведение опытного ремонта установленной партии изделий, их испытания
	Корректировка и утверждение ремонтных документов по результатам опытного ремонта установленной партии изделий и испытаний опытных ремонтных образцов
5.2 Постановка на ремонтное производство изделия	Подготовка ремонтного производства
	Освоение ремонтного производства
	Ремонт (восстановление) изделий

5.3 Установившееся промышленное ремонтное производство изделий	Испытания и приемка отремонтированных изделий
5.4 Поставка отремонтированных изделий	Отправление (отгрузка) изделий заказчику (получателю)
	Транспортирование (перевозка) к месту назначения
5.5 Снятие изделий с ремонтного производства	Приемка получателем изделий, проверка количества, качества и комплектности
	Обоснование целесообразности, подготовка и утверждение документов о снятии изделий с ремонтного производства Сохранение специального технологического оснащения, подлинников ремонтной документации

Источник: составлено на основании [69].

Важно принимать во внимание, что в структуре ЖЦ присутствуют процессы, которые не оказывают влияние на изменение состояния военной техники. Их наличие в структуре ЖЦ объективно и обусловлено временными разрывами между стадиями и этапами. В параграфе 1.1 приведена статистика результатов эксплуатации изделий ВВТ, согласно которой время восстановления работоспособного состояния некоторых изделий ВВТ достигало нескольких лет. Такая ситуация была вызвана отсутствием специалистов требуемой квалификации и ЗИП, превышением установленного времени проведения рекламационных работ и оказывала существенное влияние на временные и экономические параметры ЖЦ. Но в то же время описанные процессы не регламентированы ни в ведомственных документах МО РФ, ни в документах по стандартизации.

Данное обстоятельство обусловило необходимость введения новой терминологии, а именно:

ожидание технического обслуживания (ремонта) – период ожидания между этапами использования по назначению и поддержания в готовности, обусловленный отсутствием специалистов требуемой квалификации и (или) ЗИП;

возврат неликвидного изделия – период ожидания между этапами использования по назначению и поддержания в готовности, обусловленный необходимостью перемещения неработоспособного изделия (в рамках

гарантийных обязательств) на предприятие-изготовитель и возврата эксплуатирующей организации, за пределами сроков удовлетворения рекламаций.

В качестве другого важного аспекта следует указать тот факт, что в качестве одной из границ ЖЦ в определении термина, предлагаемого в концепции указаны процессы утилизации. Использование термина «утилизация» при разработке моделей полного ЖЦ приведет к возникновению противоречия с существующим нормативно-техническим обеспечением, регламентирующим процессы ЖЦ, в котором стадия утилизации отсутствует.

Таким образом, анализ представленного в концепции определения термина «полный жизненный цикл» позволяет сделать вывод о том, что его современная трактовка в некоторой степени некорректна и не может быть применена в качестве базовой при исследовании и управлении ЖЦ ВВТ. Поэтому предлагается к определению термина подходить с позиций учета полной структуры процессов ЖЦ, включающей в т. ч. периоды межэтапного ожидания. Для отражения полной продолжительности ЖЦ ВВТ корректно будет использование следующей аналитической зависимости

$$T_{\text{ЖЦ}}^{\text{ВВТ}} = \sum_{i=1}^n T_i + \sum_{j=1}^m M_j, \quad (9)$$

где $T_{\text{ЖЦ}}^{\text{ВВТ}}$ – продолжительность полного ЖЦ ВВТ;

T_i – продолжительность стадий «исследование и обоснование разработки», «разработка», «производство», «поставка», «эксплуатация», «капитальный ремонт»;

M_j – продолжительность межстадийных (межэтапных) перерывов, обусловленных внедрением (ожиданием внедрения) результатов предыдущего этапа;

i – количество стадий (этапов);

j – количество межстадийных (межэтапных) перерывов.

Классификацию ЖЦ ВВТ можно представить в виде структуры (таблица 7), включающей классификационные признаки ЖЦ ВВТ, структура и

состав которых установлены путем применения метода индукции – на основе обобщения результатов и знаний, содержащихся в научной и методической литературе, а также дедукции – в соответствии с упорядоченными общими логическими категориями и понятиями.

Таблица 8 – Структура классификационных признаков ЖЦ

p		p^2		
		p_1^2	p_2^2	p_3^2
p^1	p_1^1	(p_1^1, p_1^2)	(p_1^1, p_2^2)	(p_1^1, p_3^2)
	p_2^1	(p_2^1, p_1^2)	(p_2^1, p_2^2)	(p_2^1, p_3^2)
	p_3^1	(p_3^1, p_1^2)	(p_3^1, p_2^2)	(p_3^1, p_3^2)

Предлагаемые классификационные признаки в таблице 8 обеспечивают формирование словаря терминов, который в дальнейшем может быть использован при исследовании характеристик объектов и процессов в изучаемой предметной области. Кроме того, в классификации документируются основные логические взаимосвязи между соответствующими введенными терминами и понятиями. Результатом проведенного анализа является понятийный аппарат и классификация ЖЦ ВВТ в виде совокупности словаря терминов, их точных определений и взаимосвязей между ними.

Таблица 9 – Спецификация классификационных признаков ЖЦ ВВТ

Обозначение	Наименование
$p^1 = \{p_1^1, p_2^1, p_3^1\}$	По структуре ЖЦ: полный, неполный, частный (локальный)
$p^2 = \{p_1^2, p_2^2, p_3^2\}$	По принадлежности ЖЦ: ракетный комплекс, изделия ВВТ, агрегат

В предлагаемой классификации выделены два классификационных признака: структура и принадлежность ЖЦ.

По признаку структуры ЖЦ выделяют три базовых класса:

p_1^1 – *полный ЖЦ* – совокупность взаимосвязанных процессов последовательного изменения состояния изделий ВТ от формирования исходных требований к ним до снятия их с эксплуатации включающий;

p_2^1 – *неполный ЖЦ*, совокупность взаимосвязанных процессов ЖЦ, ограниченная определенной совокупностью стадий и этапов (например, исследования – разработка – производство; производство – эксплуатация) или конкретным сроком эксплуатации;

p_3^1 – *частный (локальный) ЖЦ* совокупность взаимосвязанных процессов жизненного цикла конкретного изделия ВВТ.

По признаку принадлежности ЖЦ выделяют следующие классы: p_1^2 – ракетный комплекс; p_2^2 – изделие ВВТ; p_3^2 – агрегат.

Полный ЖЦ ВВТ (p_1^2) является наиболее укрупненным периодом и включает в себя ряд частных ЖЦ конкретных изделий (по мере их обновления). Жизненный цикл изделия ВВТ (p_2^2) и агрегата (p_3^2) содержит набор стадий и этапов конкретного изделия или агрегата.

Таким образом, класс ЖЦ задается координатами в структуре (таблица 8) посредством последовательного установления его соответствия классификационным признакам.

Из этого следует, что введение предлагаемых новых терминов и их определений позволяет отразить всю совокупность реально существующих процессов ЖЦ ВВТ. Также особое значение для теории представляет классификация ЖЦ по структуре. Выделенные три класса структуры ЖЦ позволяют более адекватно проводить обоснование требуемых задач и функций в ходе управления. Рассматривая сущность управления ЖЦ как единого поступательного процесса, следует подчеркнуть, что эффективность любого ВВТ, прежде всего, зависит от того, какой класс ЖЦ будет выбран в качестве основы.

2.3 Закономерности управления жизненным циклом вооружения и военной техники

Важнейшей целью любой науки является проникновение в глубинную сущность изучаемых объектов и процессов, познание их природы, причинно-следственных связей, а в конечном счете – установление и правильное использование законов (закономерностей) их построения, функционирования, развития [58, 177].

Поэтому наблюдение взаимосвязей, описание условий проявления, прогнозирование поведения и рациональное использование в процессе ЖЦ ВВТ выявленных закономерностей и принципов является основой систематизации знаний о процессах ЖЦ ВВТ, развития теории технического обеспечения войск и выработки обоснованных рекомендаций для практической работы ОВУ [139].

Важной особенностью ЖЦ ВВТ является уникальность реализуемых процессов и отсутствие возможности проведения с ними полноценных экспериментов по причине большой продолжительности ЖЦ, которая для ВВТ может составлять более 40 лет. Следовательно, закономерности и принципы не могут быть в полной мере выведены непосредственно из опыта путем отсеивания по результатам эксперимента выдвигаемых гипотез, как это имеет место в естественно-научных теориях [8, 9, 118]. В связи с этим в основу построения теоретических положений обоснования облика СУ ПЖЦ, наряду с естественно-научной парадигмой, должна быть положена и так называемая системная парадигма [213]. В соответствии с ней формирование законов, закономерностей и принципов теории осуществляется на основе экспериментов над различными моделями процессов ЖЦ ВВТ. Практической же проверке подлежат только доступные для прямых экспериментов следствия выявленных закономерностей, поэтому модели процессов ЖЦ ВВТ по возможности должны отражать наиболее объективные свойства реальных процессов и в то же время быть достаточно простыми для практической реализации. Основываясь на приведенных

рассуждениях, механизм получения и реализации знаний о процессах ЖЦ ВВТ можно представить в виде рисунка 23.

По сути, он представляет собой особую систему взаимодействия процессов наблюдения, описания, прогнозирования и управления получаемых результатов, между которыми действуют связи и в основе которого лежит принцип действия, понимаемый одновременно как способ организации содержания механизма и как конкретный способ получения и реализации знаний. Кроме того, применение данного механизма должно обеспечить, во-первых, «встраиваемость» получаемых знаний в существующую систему знаний военно-технических наук, а во-вторых, внесение дополнительного вклада в ее развитие. Только при выполнении этих условий можно утверждать о состоятельности полученных знаний.



Рисунок 23 – Механизм получения и реализации знаний о ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Важно отметить, что порядок реализации процессов управления ЖЦ ВВТ подчинен как общим законам военного управления, так и специфическим закономерностям процессов ЖЦ.

Законы военного управления общеизвестны [117, 177 215]. Отметим только те, которые являются наиболее значимыми и находят конкретное проявление в ходе реализации процессов ЖЦ ВВТ. К ним следует отнести:

закон единства организационно-методологических основ на всех уровнях управления;

закон совместимости технических средств элементов и подсистем системы управления.

Закон единства организационно-методических основ на всех уровнях управления определяет, что управление ЖЦ ВВТ на каждом из его этапов должно строиться на единых основах.

К организационным основам управления нужно отнести закрепленные в нормативно-техническом обеспечении и руководящих документах взгляды на построение системы управления и организацию процесса управления именно ПЖЦ ВВТ; состав представителей заказчика и распределение функций между ними; способы и принципы решения задач управления ПЖЦ.

К методологическим основам управления относятся положения теории, определяющие цель, задачи, содержание управления; основные категории и принципы управления; виды и содержание решений, принимаемых ОУ заказчика в процессе управления, способы оценивания эффективности управления ЖЦ и другие основополагающие вопросы.

Этот закон объясняет, почему многие попытки объединить управление стадиями и этапами ЖЦ ВВТ наталкиваются на серьезные трудности. До тех пор, пока не будут выработаны единые организационно-методологические основы управления ЖЦ, пока эти основы не будут реализованы в руководящих документах, пока они не будут освоены ОУ заказчика ВВТ, трудностей в объединении управления процессами ЖЦ не избежать. Важно заметить, что речь идет не об одном-двух документах по управлению, а о фундаментальной работе по созданию и апробации новой методологии управления, реализации ее результатов в нормативных актах и внедрении в образовательный процесс профильных ВУЗов и в практику создания и эксплуатации ВВТ. Вполне очевидно, что это достаточно длительный процесс.

Закон совместимости технических средств элементов и подсистем системы управления отражает одно из определяющих условий обеспечения эффективности взаимодействия ВП ВВТ при совместном решении задач по управлению процессами ЖЦ.

Знание и использование данного закона является приоритетным в ходе формирования связей участников ЖЦ ВВТ. Его действие проявляется при формировании единого информационного пространства участников ЖЦ ВВТ, каждый из которых имеет свою автоматизированную систему управления. Проблема их совместимости является сложной и многоплановой и включает в себя вопросы совместимости технических средств по обмену данными, совместимости информационного и лингвистического обеспечения. Игнорирование данной проблемы приводит к нарушениям управления в системе. Известно о проведении исследований [198, 201], посвященных формированию единого информационного пространства в интересах ВС РФ на основе cals-технологий, по причине отсутствия финансирования данные идеи до сих пор не реализованы.

Специфические закономерности процессов ЖЦ ВВТ выражают наиболее характерные связи и зависимости между деятельностью, осуществляемой в ходе данных процессов, также указывают на устойчивую направленность их изменений.

На современном этапе развития методологии управления ЖЦ продукции военного назначения представляется возможным выделить, прежде всего, ***зависимости организационно-функциональной структуры системы управления ПЖЦ и параметров ВВТ и его ЖЦ от структуры процессов ЖЦ ВВТ.***

Ее сущность заключается в том, что структура процессов ЖЦ ВВТ определяет набор элементов системы, задачи и функции участников ЖЦ, взаимосвязи и порядок взаимодействия между ними. Механизм проявления данной закономерности предопределяет согласованное проектирование организационно-функциональной структуры СУ ПЖЦ, основываясь на структуре процессов ЖЦ ВВТ.

Доказательством приведенного тезиса служат следующие факты. Наличие того или иного процесса в структуре ЖЦ ВВТ обуславливает потребность в осуществлении воздействия для управления им. Следовательно, в структуру системы должен входить элемент, обладающий соответствующей функцией по управлению процессом, иначе он окажется неуправляемым.

Исключение процессов из структуры ЖЦ и как следствие исключение задач по управлению данными процессами неминуемо приводит к изменению параметров ВВТ или его ЖЦ. Так, получаемая экономия времени и ресурсов на стадии НИОКР за счет необоснованного исключения некоторых процессов по научным исследованиям приводит к тому, что разрабатываемые образцы ВВТ не соответствуют лучшим достижениям науки и техники. Исключение из структуры ЖЦ некоторых процессов по подготовке производства значительно увеличивает затраты на производство ВВТ и отрицательно сказывается на их качестве. Отсутствие регламентации процессов ожидания технического обслуживания (ремонта) либо возврата неликвидного изделия влечет снижение значений показателей надежности ВВТ.

Поэтому изменения в структуре процессов ЖЦ ВВТ приводят к трансформации организационно-функциональной структуры СУ ПЖЦ и, как следствие, к изменению параметров ВВТ и его ЖЦ, к которым в данном случае относятся: продолжительность стадий и этапов ЖЦ ВВТ; изменение состава и значений затрат ресурсов на ЖЦ ВВТ; изменение стоимости и технического уровня ВВТ. Правильное использование выявленной закономерности при обосновании облика СУ ПЖЦ позволяет достигать требуемую эффективность процессов ЖЦ.

Процессы создания и эксплуатации ВВТ являются чрезвычайно сложными мероприятиями, в которые вовлечена широкая сеть кооперации предприятий промышленности и научно-исследовательских учреждений. Так, по данным, приведенным в техническом проекте шифр «Искандер-М», по разработке ВВТ было задействовано свыше 50 организаций, не считая низшие уровни кооперации. Значительное усложнение разрабатываемых элементов комплекса и процессов, сопровождающих их создание, увеличение затрат в единицу времени на реализацию новых конструкторских решений, требуют усиленного внимания к оптимизации затрат, выделяемых на ЖЦ. В то же время такому процессу свойственно возникновение противоречий и несоответствий между требованиями заказчика и их реализации в виде технических решений, конструкторской документации, характеристик опытного образца, обусловленных коллаборативной

разработкой. В процессе создания ВВТ многие участники действуют в ситуации неполной осведомленности как о разрабатываемом комплексе и его текущем (или прогнозируемом далее по ЖЦ) состоянии, так и о действиях и целях друг друга, об ожиданиях заказчика и эксплуатирующих организациях. Такие несоответствия и противоречия свойственны любой стадии ЖЦ (таблица 10).

Таблица 10 – Возможные несоответствия в ходе ЖЦ ВВТ

Стадия (этап) ЖЦ	Возможные несоответствия и противоречия
Исследование и обоснование разработки	проводимые оценки стоимости могут не соответствовать текущей стоимости предполагаемого изделия, а реализуемые разработчиками функции противоречить действительным потребностям заказчика и эксплуатирующих организаций
Разработка	предлагаемые разработчиками технические решения могут не соответствовать требованиям заказчика; разрабатываемые составные части ОО могут не удовлетворять требованиям как головного исполнителя и так и заказчика; предполагаемые исполнители, комплектующие и материалы могут не соответствовать имеющимся у поставщиков, или ряд комплектующих может быть пропущенным на части чертежей, ведомостей, инженерных обоснований, так как все чертежи, ведомости, обоснования делаются разными людьми, часто в разных организациях и в разное время
Производство	качество поставляемых материалов может не соответствовать требуемым параметрам, сроки поставок комплектующих нарушаться; при проведении временных обоснований зачастую не берется в учет износ технологического и оборудования, реальные производственные возможности по выпуску могут значительно отличаться от расчетных
Эксплуатация	несоответствие фактических значений характеристик изделий требуемым; быстрое моральное старение, обусловленное появлением у вероятного противника более совершенного аналога или противосистемы с улучшенными характеристиками

Источник: составлено по материалам [20, 22, 43, 45, 56, 62, 64, 124, 129, 137, 159, 181, 186], данных собственных исследований [104].

В этих условиях прослеживается существенная связь между стоимостью устранения несоответствия требованиям заказчика и этапом ЖЦ ВВТ. Чем позже по ЖЦ будет обнаружено несоответствие, тем более затратное его исправление. Проще всего скорректировать или исправить требования на начальных этапах НИОКР, когда они систематизированы в виде ТТЗ или воплощены в эскизном (техническом) проекте, гораздо сложнее исправить допущенную ошибку на этапе

разработки РКД или опытного образца, еще сложнее находящегося в серийном производстве или в эксплуатации.

Приведенные рассуждения указывают на объективно существующую, устойчивую, повторяющуюся связь явлений, выраженную в качественном изменении параметров ЖЦ, и на ее основе позволяют сформулировать закономерность, сущность которой состоит *в зависимости изменения затрат ресурсов на устранение несоответствия требованиям ТТЗ в зависимости от этапа ЖЦ ВВТ на котором было выявлено данное несоответствие.*

Выявленная закономерность проявляется при оптимизации затрат ЖЦ через влияние внешних (экзогенных) и внутренних (эндогенных) факторов, в качестве которых в первом случае выступают уровень расходов, выделяемых на ЖЦ ВВТ, и уровень развития государственно-частного партнерства, а во втором – состояние нормативной базы, регламентирующей вопросы управления ЖЦ, уровень квалификации специалистов и динамика изменения требований заказчика.

Вполне естественно, что чем надежнее и полнее информация, тем более качественно, может быть, проведен процесс оптимизации суммарных затрат. В то же время, если оптимизация в связи с отсутствием необходимой информации на более ранних этапах проводится на заключительных этапах НИОКР, то потенциальный эффект снижается, так как сокращается время осуществления практических мероприятий, т.е. ухудшаются временные параметры.

Таким образом, вскрытая закономерность указывает на необходимость смещения акцента внимания ОУ заказчика при контроле процессов создания ВВТ на ранние этапы ЖЦ, что позволит принимать более обоснованные решения в среднесрочной и долгосрочной перспективе.

2.4 Основные принципы обоснования облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Проведенный анализ мероприятий [41, 154], осуществляемых в ходе ЖЦ ВВТ, показывает, что значительным препятствием на пути создания нового и

поддержания требуемых параметров (технического уровня) существующего ВВТ является отсутствие эффективной системы управления.

Распространенная практика выработки управленческих решений как ответной реакции на существующие трудности и проблемы приводит к тому, что существующие локальные системы управления оказываются не приспособленными к решению постоянно возникающих новых задач и эффективность их функционирования со временем неизбежно снижается.

Быстрый темп обновляемости образцов технически сложных образцов вооружения и появление новых технологий приводит к тому, что обеспечение требуемого технического уровня ВВТ требует создания новых форм управления, основанных на использовании и делегировании накопленных знаний и опыта. Решение такой сложной и многогранной задачи представляется возможным только на основе системного подхода к моделированию деятельности участников ЖЦ как целостной организационно-технической системы.

Важнейшую роль в процессе создания новых форм управления играет целенаправленное развитие существующих систем управления процессами ЖЦ. В современных условиях «цифровизации» оказывается не достаточно использовать компьютерные технологии только для повышения достоверности и своевременности данных о тех или иных управляемых объектах. Показатели, формируемые в традиционных СУ, отражают лишь только часть характеристик процессов ЖЦ.

Системы управления нового поколения должны обеспечить выявление полной структуры технико-экономических показателей на основе моделирования реально существующих причинно-следственных связей между характеристиками процессов создания и эксплуатации ВВТ и конечными результатами деятельности участников ЖЦ. Такой подход позволяет выявить и количественно оценить наиболее значимые факторы, обеспечивающие вклад в достижение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ, а затем рассматривать их в качестве приоритетных объектов управления.

Практическая реализация новых форм СУ сопряжена с рядом существенных трудностей. Такие системы должны с самого начала проектироваться как единый объект. Однако это вовсе не означает, что существующие СУ должны быть ликвидированы и заменены системами нового поколения. Этот путь неприемлем, так как инерция такой сложной и большой системы, которой является СУ ПЖЦ, не позволяет резко изменить режим функционирования. Очевидно, требуется определенный период, в течение которого управленческий аппарат смог бы адаптироваться к новым требованиям и возможностям.

Из сказанного следует вывод, что переход к новым формам управления возможен только по пути постепенного, эволюционного развития существующих управленческих систем и внедрения новых на основе единой методологии.

Переход системы на новые формы управления обеспечивает достижение главной цели [70] – обеспечение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ. Для ее реализации необходимо решить следующие задачи: оптимальное расходование ресурсов в течение ЖЦ ВВТ и создание условий для максимальной реализации ВВТ своих потенциальных возможностей.

В основу обоснования облика СУ должны быть положены следующие общие принципы обоснования облика СУ ПЖЦ, обеспечивающие достижение указанных целей и решение вытекающих из них задач.

Принцип функциональной интеграции заключается в согласовании всех принимаемых управленческих решений по объектам управления. Функциональная интеграция достигается путем построения функциональной структуры системы управления и выявления всех ОБУ, их управляющих и контрольно-информационных воздействий. Полнота решения этой задачи определяется единством цели.

Принцип процессной интеграции обеспечивается разработкой объективной структуры процессов ЖЦ ВВТ, формирования последовательности создания ВВТ на основных этапах его ЖЦ и увязки процессов с показателями эффективности. Реализация принципа позволяет снизить значительные потери эффективности создаваемых и эксплуатируемых изделий ВВТ, которые происходят на стыке

этапов и стадий ЖЦ (замысла и разработки, разработки и производства, производства и эксплуатации), выполняемых разными коллективами специалистов.

Принцип организационной интеграции заключается в распределении прав, обязанностей и ответственности при решении задач между ОУ заказчика, другими СубУ и должностными лицами, а также рациональном разделении функций управления между персоналом и средствами информационных технологий. Она направлена на создание оптимальной (рациональной) организационной структуры, ориентированной на решение целевой задачи обеспечения требуемых значений параметров ВВТ и его ПЖЦ.

Принцип единоначалия заключается в личной ответственности за реализацию, управление и контроль со стороны назначенного руководителя по всем видам деятельности, связанным с исследованием, разработкой, производством, эксплуатацией ВВТ в течение полного ЖЦ.

Принцип делегирования полномочий. Руководитель проекта в силу многообразия объектов управления, их специфики, невозможности оперативной обработки актуальной информации о состоянии каждого объекта управления, необходимой для принятия своевременных и адекватных управленческих решений, в большинстве случаев не может и не должен определять способы достижения цели, то есть детальные, обоснованные планы конкретных мероприятий в отношении объекта управления. Поэтому полномочия по достижению цели должны быть делегированы конкретному СубУ (должностному лицу), ответственному за данный ОБУ. Таким образом, ответственность за осуществление способа достижения цели возлагается на конкретного участника ЖЦ и должна только стимулировать его надлежащую деятельность с использованием существующих механизмов.

Принцип единства процессов стадий и этапов ЖЦ. Стадии и этапы ЖЦ обладают технико-экономическим и функциональным единством в рамках временных и экономических параметров ЖЦ изделий ВВТ. Изменение временных

и (или) затратных параметров на любой стадии приводит к изменению параметров всего ЖЦ.

Принцип прослеживаемости требований. Коллаборативное создание ВВТ и его последующая эксплуатация неизбежно приводят к возникновению несоответствий между его характеристиками и требованиями, предъявляемыми заказчиком. Участники ЖЦ (заказчик, разработчики, проектировщики, производители, поставщики) действуют в ситуации неполной осведомленности о потребностях эксплуатанта и о текущем (или прогнозируемом далее по ЖЦ) состоянии изделий ВВТ, так и о действиях и целях друг друга. Сформулированные заказчиком требования должны быть однозначно понимаемы всеми участниками.

Принцип проверяемости требований. При формулировании требований заказчик должен обеспечить понятный проектантам, разработчикам, производителям механизм их последующей верификации и валидации.

Принцип совокупной оптимальности параметров ЖЦ ВВТ. Эффективность ЖЦ необходимо ориентировать по критерию совокупной оптимальности, т. е. приоритетности получения совокупной экономии полного ЖЦ ВВТ, а не минимума затрат на одной или нескольких стадиях.

Принцип достоверности информации. Информация, поступающая в единое информационное пространство, вносится единожды одним уполномоченным лицом и не подвергается в дальнейшем изменениям и корректировкам.

Принцип соответствия стоимости жизненного цикла и его составляющих эффективности состоит в том, что совокупные затраты за весь ЖЦ ВВТ не могут превышать потенциально возможный эффект от будущего применения. В таком случае увеличение доли одной из составляющих ЖЦ в совокупных затратах возможно лишь за счет уменьшения ее по другим стадиям ЖЦ ВВТ.

Указанный принцип означает, что управление процессами ЖЦ должно быть ориентировано на достижение этой общей цели. Соответственно, процесс принятия управленческих решений строится на основе ключевых факторов эффективности и

стоимости. Так, увеличение стоимостных затрат на предэксплуатационных стадиях должно приводить к повышению технического уровня ВВТ и его стоимости соответственно, снижению затрат на стадии эксплуатации за счет повышения надежности изделий ВВТ и количества требуемых обслуживаний и наоборот. Этот принцип является крайне важным в исследуемой предметной области, так как позволяет обеспечить оптимальное перераспределение затрат в течение всего ЖЦ.

Понимание того, что решение проблемы обоснования облика системы не может осуществляться в отрыве от существующей системы знаний в области анализа и синтеза сложных организационно-технических систем, указывает на необходимость использования и адаптации принципов теории систем и системного анализа. Они позволяют распространить эти теоретические положения на исследуемые процессы создания и развития СУ ПЖЦ.

Общесистемные принципы базируются на основных принципах кибернетики и реализуют системный подход к решению задач обоснования облика системы управления ПЖЦ ВВТ [52].

Принцип системности. Сущность методологии обоснования облика СУ ПЖЦ определяется технико-экономическим и функциональным единством стадий и этапов ЖЦ, а значит, и необходимостью представления ЖЦ как единой системы.

Принцип рационального поведения, заключающийся в том, что СубУ с учетом всей имеющейся у него информации выбирает те действия, которые приводят к наиболее предпочтительным для него результатам.

Выбор того или иного действия определяется функцией полезности

$$u(x, y) = x + v(y), \quad (10)$$

где x – эффект СубУ;

y – совокупность факторов, связанных с рассматриваемыми решениями и оказывающих влияние на предпочтения СубУ;

$v(y)$ – ресурсный эквивалент набора факторов y .

При принятии решений необходимо учитывать тот факт, что создание любого изделий ВВТ осуществляется в нетипичных условиях, характеризующимися неопределенностью, высоким риском, неточной информацией либо ее отсутствием. Это не позволяет использовать традиционные методы технико-экономического анализа для обоснования решений.

Применение классической теории принятия решений позволяет представить руководителя проекта как абсолютно рациональное существо, что является довольно грубым допущением в современных реалиях. В области принятия решений необходимо учесть ограниченную рациональность. Информация, которой располагает РП, всегда является неполной, а его счетные и прогностические способности – не беспредельными. Из-за этого РП вынужден останавливаться не на оптимальных решениях, а на тех, что кажутся ему приемлемыми исходя из имеющейся у них ограниченной информации.

Принцип минимизации энтропии предполагает, что РП с учетом всей имеющейся у него информации стремится устранить существующую неопределенность и принимать решения в условиях полной информации. Для этого он должен перейти к использованию критерия, не содержащего неопределенных параметров.

Предположим, что результат $x \in X$ зависит от управляющего воздействия заказчика $y \in Y$, а состояние объекта управления определяется множеством параметров W

$$x = f(y, W). \quad (11)$$

Задан критерий эффективности управления

$$k(x) = k(f(y, W)). \quad (12)$$

Неопределенность характеризует неполноту информации заказчика относительно параметров W :

интервальная неопределенность описывает ситуацию, когда известно, что возможные значения неопределенного параметра находятся в некотором интервале $W' \in W$ и устраняются за счет использования принципа максимального гарантированного результата, основанного на оценке наихудшего значения неопределенного параметра (критерий пессимизма)

$$h(y) = \min_{W' \subseteq W} k(f(y, W)), \quad (13)$$

или гипотезы благожелательности, основанной на оценке наилучшего значения неопределенного параметра (критерий оптимизма)

$$h(y) = \max_{W' \subseteq W} k(f(y, W)). \quad (14)$$

Также возможны комбинации критериев пессимизма и оптимизма за счет их линейной свертки;

вероятностная неопределенность задается распределением вероятностей $p(w)$ неопределенного параметра w на множестве W и устраняется использованием математического ожидания

$$h(y) = \int_{w \in W} k(f(y, W))p(w)dw; \quad (15)$$

нечеткая неопределенность задается функцией принадлежности

$\mu_{W'}(w) \in [0,1]$, $w \in W'$, нечеткого множества $W' \subseteq W$ и устраняется выделением множества максимально недоминируемых альтернатив.

Таким образом, предлагаемая система принципов включает адаптированные к специфике обоснования облика СУ ПЖЦ общие принципы теории военного управления (*единоначалия, рационального поведения, минимизации энтропии делегирования полномочий*), теории систем (*системности, единства процессов стадий и этапов ЖЦ*), а также ряд разработанных специфических принципов

направленных на формирование новых форм управления, обеспечивающих интегрированное управление всеми объективно существующими процессами ЖЦ ВВТ.

2.5 Требования к системе управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Разработанная система принципов обоснования облика СУ ПЖЦ определяет требования к ней с учетом основных закономерностей управления ЖЦ и в первую очередь тех, которые характеризуют логику и условия, необходимые для обеспечения требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ. Вскрытая специфическая закономерность зависимости стоимости устранения несоответствия требованиям заказчика от этапа ЖЦ совершенно четко указывает на необходимость смещения акцента контроля процессов создания в направлении ранних этапов ЖЦ, что позволяет в дальнейшем существенно повысить эффективность ЖЦ ВВТ. Поэтому главной целью создания СУ ПЖЦ является обеспечение требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ на любом этапе, соответственно, задачи и функции элементов системы являются производными от данной цели. В этой связи одним из важнейших условий для создания и функционирования системы является наличие единого информационного пространства (ЕИП), содержащего доступные (в рамках установленных регламентов) всем участникам ЖЦ данные по актуальным характеристикам изделий, информацию о выпускающих и эксплуатирующих изделия организациях и протекающих в них процессах [197]. Это позволяет реализовать виртуальное предприятие (ВПр) – новую организационную форму выполнения масштабных наукоемких проектов, связанных с разработкой, производством и эксплуатацией сложной военной техники. ВПр создается посредством объединения на контрактной основе предприятий и организаций, участвующих в ЖЦ ВВТ и связанных общими бизнес-процессами. Информационное взаимодействие участников ВПр осуществляется на основе

общих хранилищ данных через общую корпоративную или глобальную компьютерную сеть. Срок жизни ВПр определяется длительностью ЖЦ ВВТ.

Для ВПр проблема информационного взаимодействия особенно актуальна, поскольку они включают в себя НИИ, КБ, основных подрядчиков, субподрядчиков, поставщиков и т.д., географически удаленных друг от друга, использующих разнородные компьютерные платформы и программные решения.

Стандартизация форматов и технологий представления данных позволяет оперативно передавать функции одного участника ВП другому, который может воспользоваться результатами уже проделанной работы. Такая возможность особенно важна при создании ВВТ, имеющего длительный ЖЦ, требующего преемственности информационной поддержки изделий, независимо от рыночной или политической ситуации.

Многообразие, сложность и насыщенность протекающих в ЕИП информационных процессов, сопровождающих и поддерживающих ЖЦ ВВТ на всех его этапах, формируют требование к *прослеживаемости изменений характеристик ВВТ*, т. е. должна обеспечиваться фиксация атрибутов вносимой информации. Речь идет о том, что информация, однажды возникшая на каком-либо этапе ЖЦ, сохраняется в ЕИП и становится доступной всем участникам этого и других этапов. Из этого требования вытекает другое требование, суть которого состоит в *распределении прав доступа к информации*, совместная реализация которых позволяет избежать дублирования, перекодировки и несанкционированных изменений данных и связанных с этими процедурами ошибок, тем самым сократить затраты труда, времени и финансовых ресурсов.

Требование *информационной совместимости элементов системы* направлено на формирование единой системы показателей, характеризующих процессы ЖЦ и позволяющих выявить причинно-следственные связи между ними и оценить вклад каждого из них в обеспечение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ [219].

Большая продолжительность ЖЦ ВВТ и важность принимаемых решений как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе определяют потребность в

проведении своевременного анализа в наиболее критичных рубежах ЖЦ, направленного на установление степени соответствия значений параметров ВВТ и его ЖЦ требуемым, на основании которого в дальнейшем осуществляется выбор одного из множества альтернативных вариантов продолжения ЖЦ. В этом заключается суть требования **наличия контрольных точек на протяжении полного ЖЦ ВВТ**.

Другим важным требованием, выдвигаемым при построении системы управления, является наличие **единого квалификационного уровня участников ЖЦ ВВТ**. Управление ЖЦ ВВТ подразумевает решение сложных, военных, технических, технологических, проектных и других важных задач, которые, как правило, взаимосвязаны между собой и успешное решение которых во многом определяется наличием компетенций в разных предметных областях. Поэтому нахождение компромисса между ОУ заказчика и представителями ОПК, учитывающего интересы обеих сторон, во многом определяется соответствующим уровнем компетенций должностных лиц. Выполнение данного требования позволит организовать управление ЖЦ ВВТ с позиций общего (однозначного) понимания достигаемых целей и решаемых задач.

Управление ЖЦ ВВТ представляет собой процесс функционирования СУ ПЖЦ, который также должен удовлетворять ряду требований, важнейшими из которых являются:

устойчивость управления полным ЖЦ, характеризующая способность системы эффективно функционировать при изменениях, происходящих в сопряженных системах и внешней среде;

адаптивность, самоорганизация, характеризующие способность системы развиваться при получении информации в ходе управления ЖЦ ВВТ об изменениях в объекте и СубУ путем корректировки методов и уточнения моделей управления;

гибкость управления, представляющая способность системы своевременно реагировать на возникающие изменения требований заказчика, условий создания и эксплуатации ВВТ путем выработки соответствующих управляющих воздействий, направленных на их парирование;

интегрированность управления ЖЦ ВВТ, в основу которого положено комбинирование централизованной и децентрализованной форм управления позволяющее достичь целей управления;

сквозное выполнение требований заказчика предполагает их обоснование заказчиком, формирование разработчиком, обеспечение производителем, реализацию эксплуатантом, поддержание и восстановление обслуживающими и ремонтными организациями.

Разработанная совокупность требований, предъявляемых к СУ ПЖЦ отражает особенности создания СУ ПЖЦ и учитывает результаты анализа существующей практики исследований, проектирования, разработки, производства, использования по назначению, обслуживания и ремонта, в т. ч. выявленных противоречий и недостатков, а также учетом новых факторов, обуславливающих необходимость разработки данной системы, требования позволяют определить основные черты облика системы, функционирующей в целях обеспечения требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ.

2.6 Концептуальная модель управления процессами полного жизненного цикла вооружения и военной техники

Решение проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ предполагает разработку целостной системы научных знаний о порядке ее формирования и развития. Учитывая результаты предшествующих теоретических исследований, накопленные эмпирические знания в данной предметной области, а также закономерности, сформулированные принципы обоснования облика системы и совокупность предъявляемых к системе требований, была разработана концептуальная модель управления процессами жизненного цикла ВВТ.

Сущность концептуальной модели состоит в том, что управление процессами полного ЖЦ представляет собой единую систему, целенаправленно сформированную в соответствии с научными задачами управления ЖЦ ВВТ.

Концептуальная модель представлена на рисунке 24. Схема раскрывает суть разрабатываемых новых положений для решения актуальной научной проблемы обоснования облика системы управления полным жизненным циклом ВВТ. На схеме представлены следующие основные элементы и взаимосвязи между ними.

Заказчик определяет требуемые значения параметров на ВВТ и его ЖЦ. Стадии ЖЦ ВВТ представляют собой завершённые комплексы работ, характеризующиеся определённым состоянием изделий, видом предусмотренных работ, последовательностью этапов и их конечными результатами. На схеме показано, что согласованное выполнение работ на всех стадиях ЖЦ ВВТ достигается за счёт получения фактических и прогнозных данных при помощи оперативной и прогнозной информации (сплошные стрелки) и передачи сигналов обратной связи о результатах выполненных работ (пунктирные стрелки). Модель ВВТ представляет собой централизованное многомерное хранилище данных, объединяющее всю информацию об изделиях ВВТ.

В эту модель при помощи оперативной информации поступают требуемые значения параметров ВВТ и его ЖЦ, которые обозначены вектором $R_i = (R_1, R_2, \dots, R_I)$, $i = 1 \dots I$. В соответствии с этими значениями параметров для всех изделий ВВТ определяются их фактические значения $Q_i = (Q_1, Q_2, \dots, Q_I)$, $i = 1 \dots I$, которые обеспечиваются в текущий момент времени.

Оперативная и прогнозная информация объединяет в единое целое стадии жизненного цикла ВВТ и обеспечивает их целевую ориентацию на достижение требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ на основе системы сквозного планирования и управления.

Стадии ЖЦ ВВТ представляют собой завершённые комплексы работ по созданию и эксплуатации ВВТ, характеризующиеся определённым состоянием изделий, видом предусмотренных работ, последовательностью этапов и их конечными результатами. Этими стадиями являются: исследования и обоснование разработки ВВТ (ИиОР₁ – ИиОР₃); разработка ВВТ (Р₁ – Р₅); производство ВВТ (П₁ – П₃) и эксплуатация ВВТ (Э₁ – Э₅).

На схеме показано, что согласованное выполнение работ на всех стадиях ЖЦ ВВТ, ориентированное на обеспечение требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ, достигается за счет получения фактических и прогнозных данных при помощи оперативной и прогнозная информации (сплошные стрелки) и передачи сигналов обратной связи о результатах выполненных работ (пунктирные стрелки).

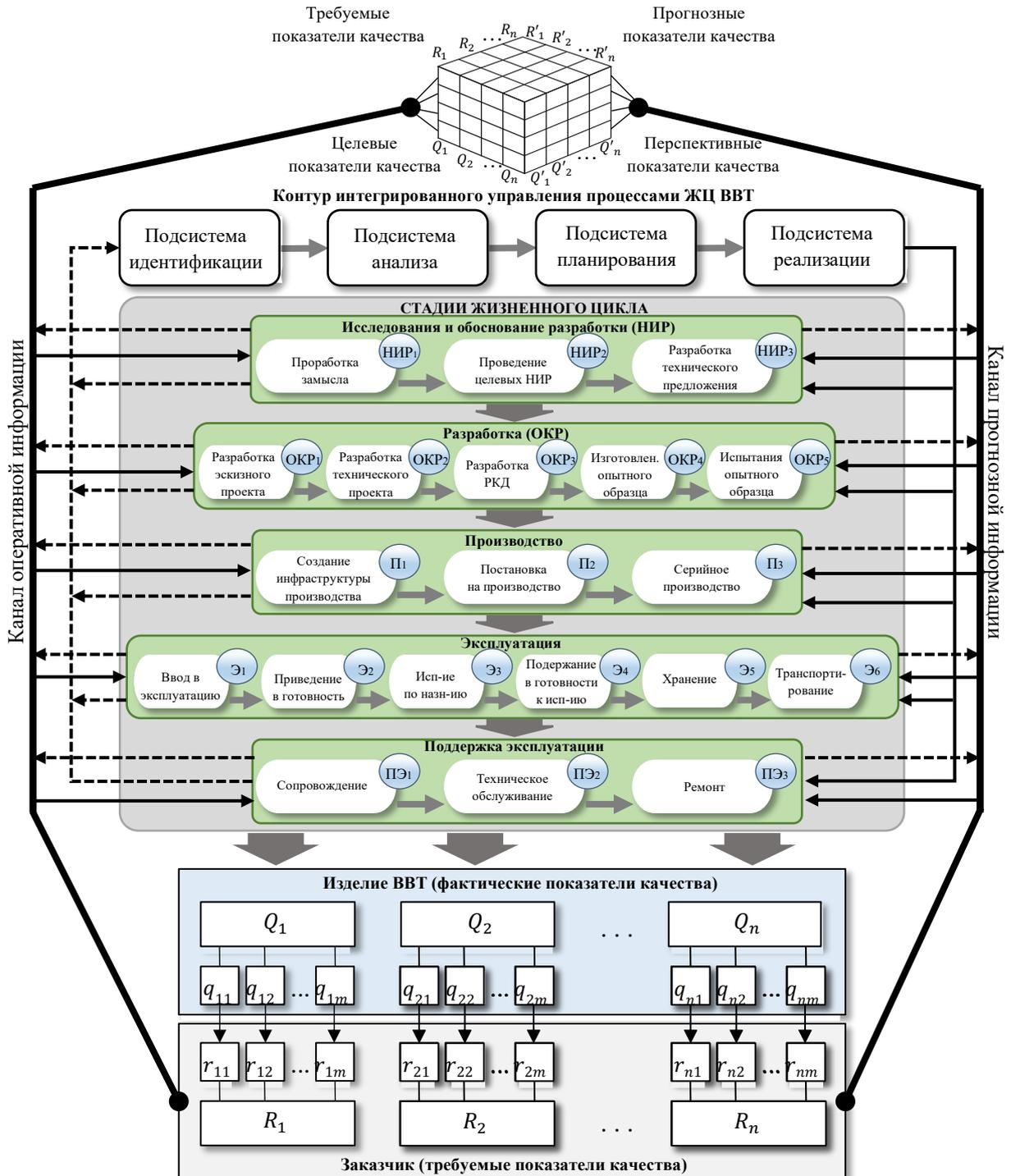


Рисунок 24 – Концептуальная модель управления процессами полного ЖЦ ВВТ
 Источник: разработано авторами на основе [97, 109, 157, 168].

Модель ВВТ представляет собой централизованное многомерное хранилище данных, объединяющее всю информацию об изделиях ВВТ.

В эту модель при помощи оперативной информации поступают требуемые значения параметров ВВТ и его ЖЦ, которые обозначены вектором $R_i = (R_1, R_2, \dots, R_I)$, $i = 1 \dots I$. В соответствии с этими значениями параметров для всех изделий ВВТ определяются их фактические значения $Q_i = (Q_1, Q_2, \dots, Q_I)$, $i = 1 \dots I$, которые обеспечиваются в текущий момент времени.

Контур интегрированного управления образован подсистемами идентификации, анализа, планирования, реализации и обеспечивает планирование, координацию и синхронизацию работ на стадиях ЖЦ ВВТ на основе сбора и учета данных по стадиям (пунктирная линия) и формирования управляющих воздействий (сплошная линия). Так как составляющими вектора R_i могут быть множество m , $m = 1 \dots M$ отдельных компонент требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ i , $i = 1, \dots, I$, заданные в разных шкалах либо по физическому содержанию, либо по математическому смыслу (вероятностями, интервалами, функциями принадлежности), необходимо перейти к безразмерным показателям.

Подсистема идентификации обрабатывает сигналы обратной связи от организационных единиц, отвечающих за определенные стадии ЖЦ ВВТ, и формирует агрегированные показатели с уровнем детализации, требуемым для проведения анализа.

Подсистема анализа определяет величину рассогласования между плановыми и фактическими значениями показателей и обеспечивает выявление проблемных ситуаций.

Подсистема планирования обеспечивает принятие управленческих решений в соответствии с целевыми и нормативными показателями, поступающими с вышестоящего уровня управления, и описанием существующих проблемных ситуаций.

Подсистема реализации осуществляет детализацию решения до уровня управляющего воздействия и его передачу в организационные единицы, отвечающие за выполнение работ по стадиям ЖЦ ВВТ.

Предложенная концептуальная схема служит теоретической основой для проектирования процессов ЖЦ ВВТ, обеспечивающих поддержание и при необходимости повышение технического уровня изделий ВВТ.

Эффективность такого управления, как основного вида деятельности системы определяется на основе соответствующих показателей и критериев. Их выбор и обоснование применительно к специфике создания и эксплуатации ВВТ является крайне сложной задачей. Причиной этому является невозможность установить явный эффект от реализации ЖЦ ВВТ. Это объясняется трудно прогнозируемыми периодами использования по назначению и сложностью определения эффекта от реализации ВВТ своего целевого предназначения. Поэтому в рассмотренных условиях при определении эффективности управления ЖЦ ВВТ в общем, необходимо исходить из следующих соображений. Фундаментальным свойством СУ ПЖЦ является строгая предметная ориентация на создание качественных наукоемких изделий, превосходящих по своим технико-экономическим характеристикам зарубежные аналоги.

В общем случае диапазон изменения i -го параметра изделий ВВТ может быть меньше, чем диапазон $\left[\min_m r_{im}, \max_m r_{im} \right]$

$$\min_m r_{im} < r_{im_n}; r_{im_b} < \max_m r_{im}, \quad (16)$$

где r_{im_n} , r_{im_b} – предельные (нижнее и верхнее) значение параметра i -го параметра изделий ВВТ.

Тогда безразмерная величина m -ой компоненты требуемого параметра ВВТ и его ЖЦ i будет представлена

$$R_i = \frac{r_{im_b} - r_{im_n}}{\max_m r_{im} - \min_m r_{im}}, \quad i = 1 \dots I \quad (17)$$

Далее, для упорядочения представим составляющие вектора R_i в виде матрицы нормированных значений

$$R_i = \left\| \begin{array}{cccc} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{i1} & r_{i2} & \dots & r_{im} \end{array} \right\|, i = 1, \dots, I \quad (18)$$

где r_{mn} – значение m -ой компоненты требуемого параметра ВВТ и его ЖЦ i .

Любой компоненте требуемого параметра ВВТ и его ЖЦ из матрицы (1) может быть назначен допуск δ_i , который определяет в соответствующем векторном пространстве вектор Δ_i . Если в таком векторном пространстве, ограниченном совокупностью концов векторов R_i образуется векторное пространство допустимых значений параметров $|\Delta_i|$.

В свою очередь, составляющие вектора Q_1, Q_2, \dots, Q_I отражают фактические значения параметров изделий ВВТ достигнутые на конкретном этапе ЖЦ и представляются также в виде нормированного вектора той же размерности, что и соответствующий вектор R_i . Компоненты вектора Q_i имеют ту же природу, что и компоненты вектора R_i , т. е. эти вектор принадлежат одному и тому же пространству.

Иными словами, векторы фактических значений параметров ВВТ и его ЖЦ изделий ВВТ на этапах ЖЦ представлены соответствующей матрицей

$$Q_i = \left\| \begin{array}{cccc} q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1m} \\ q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{i1} & q_{i2} & \dots & q_{im} \end{array} \right\|, i = 1, \dots, I \quad (19)$$

где q_{im} – фактическое значение m -ой компоненты требуемого параметра i .

Заданные заказчиком требования и их фактические значения на этапах ЖЦ ВВТ образует некоторую величину рассогласования по всем параметрам

$$\varepsilon = \sum_{m=1}^M (r_{im} - q_{im}). \quad (20)$$

В результате формируется матрица рассогласований

$$\varepsilon_i = \left\| \begin{array}{cccc} \varepsilon_{11} & \varepsilon_{12} & \dots & \varepsilon_{1m} \\ \varepsilon_{21} & \varepsilon_{22} & \dots & \varepsilon_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \varepsilon_{i1} & \varepsilon_{i2} & \dots & \varepsilon_{im} \end{array} \right\|, i = 1, \dots, I \quad (21)$$

где ε_{im} – величина рассогласования между требуемыми и фактическими значениями параметров ВВТ и его ЖЦ.

Таким образом, в задачу СУ ПЖЦ на этапах создания входит такое управление, которое обеспечивает минимально допустимое рассогласование заданных параметров R_i и их фактических значений Q_i изделий ВВТ

$$\sum \varepsilon_i = \sum_{i=1}^I (R_i - Q_i) \rightarrow \min. \quad (22)$$

Именно такое управление создает необходимые предпосылки для раннего выявления несоответствий ВВТ требованиям заказчика и реализации выявленной специфической закономерности. Разработанные в рамках второй главы положения представляют собой теоретический базис для построения СУ ПЖЦ.

ГЛАВА 3 МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ОБЛИКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

3.1 Цели, задачи и структурная основа системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Методология системного анализа указывает на необходимость рассмотрения процессов создания и эксплуатации ВВТ в рамках единого подхода [117, 122, 149, 153, 174, 202]. Следуя данным положениям, принципиально важно управление процессами ЖЦ ВВТ осуществлять в рамках единой системы, реализующей обобщенную операцию, имеющей два последовательных периода: 1-й период – создание ВВТ (реализационный период ЖЦ); 2-й период – использование ВВТ в качестве активного средства для достижения цели обобщенной операции (полезный период ЖЦ ВВТ).

Появление у вероятного противника нового ВВТ с более высоким военно-техническим уровнем, разработка противосистемы (как правило, средств ПРО), обладающей потенциальными возможностями по подавлению существующего ВВТ, обуславливают потребность в разработке перспективного ВВТ (модернизации существующего) в рамках выделяемых материальных средств, позволяющего выполнять задачи по предназначению, т. е. достичь цель. Требуется обосновать рациональный вариант требований к ВВТ, спроектировать и организовать процесс его производства в соответствующие сроки так, чтобы его потенциальная эффективность по возможности была наибольшей.

Таким образом, в системе управления для достижения цели в качестве активных средств используют выделенные денежные ассигнования, на создание перспективного или модернизируемого ВВТ, его последующую эксплуатацию, силы и средства ОУ заказчика, проектно-конструкторских организаций и

производственных объединений. Способы использования этих активных средств составляют множество вариантов реализации первого периода обобщенной операции. Вариантами реализации второго периода операции являются способы использования активных средств, в состав которых входит созданный в первом периоде операции ВВТ и необходимые для этого ресурсы. Предложенная методологическая схема, основой которой является обобщенная система управления, позволяет обоснованно подойти к согласованию целей и задач каждого этапа ЖЦ ВВТ.

Цель обобщенной операции определяет назначение проектируемого ВВТ и может быть реализована на этапе использования по назначению ВВТ. Цели предшествующих этапов ЖЦ являются промежуточными целями обобщенной операции. Таким образом, этапы ЖЦ ВВТ являются этапами обобщенной операции, направленной на достижение цели. В этой связи цель функционирования СУ ПЖЦ состоит в обеспечении требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ на всех этапах ЖЦ, позволяющих реализовать выполнение ВВТ задач по предназначению. Ее достижение обеспечивается решением следующих задач:

- 1) обоснование взаимоувязанной системы требований к ВВТ;
- 2) распределение совокупности требований между составными частями ВВТ;
- 3) контроль соответствия ВВТ и его составных частей принятой системе требований на всех этапах ЖЦ ВВТ;
- 4) разработка и контроль выполнения необходимых мероприятий в случае выявления несоответствия ВВТ и его составных частей принятой системе требований.

Установление цели системы и понимание задач, подлежащих решению для ее достижения, а также необходимых функций позволяет сформировать структурную основу системы, под которой понимается совокупность составляющих ее элементов и связей между ними (рисунок 25), при этом элементом системы считается элемент, участвующий в достижении цели, для которой она предназначена [1, 53, 55], среди них:

ЗАДАЧИ:

- Обоснование взаимоувязанной системы требований к ВВТ;
- Распределение совокупности требований между составными частями ВВТ;
- Контроль соответствия образца ВВТ и его составных частей принятой системе требований на всех этапах ЖЦ;
- Разработка и контроль выполнения необходимых мероприятий в случае выявления несоответствий образца ВВТ и его составных частей принятой системе требований.

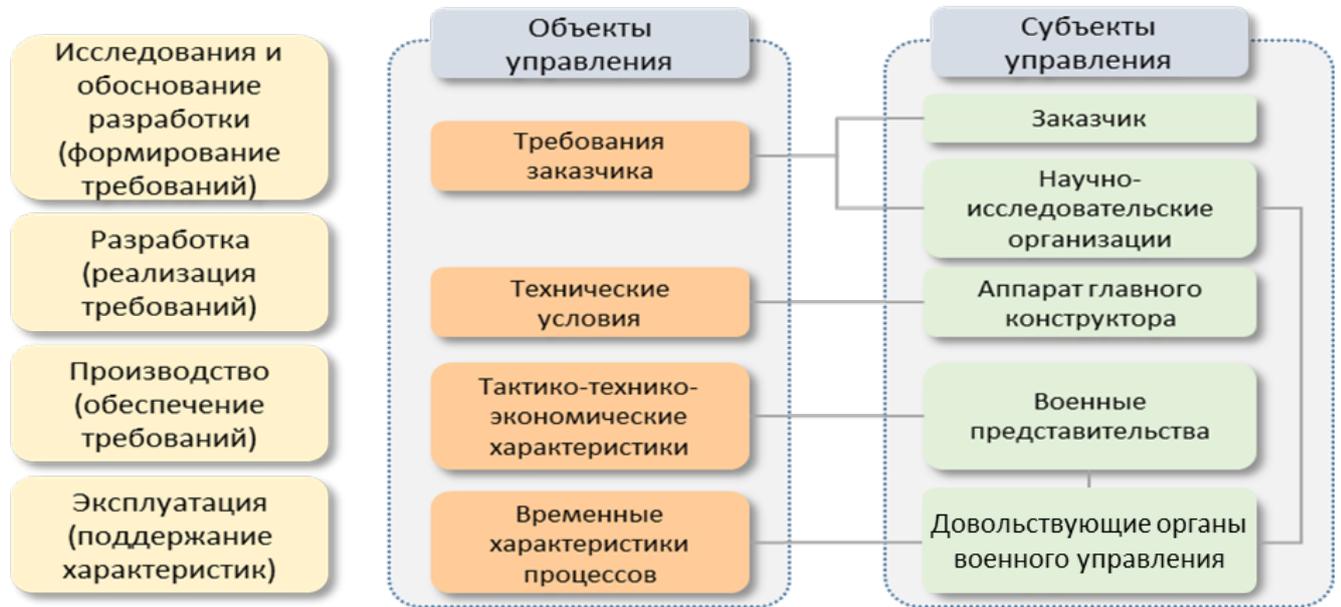


Рисунок 25 – Структурная основа СУ ПЖЦ

Источник: составлено авторами.

руководитель проекта осуществляет единоличное принятие важнейших управленческих решений, на основе подготовленных участниками ЖЦ обоснований и несет персональную ответственность за их реализацию;

Государственный заказчик определяет требования к ВВТ и его свойствам, которые определяют боевые и эксплуатационные характеристики.

Головной разработчик (он же Головной изготовитель) осуществляет координирование деятельности всех исполнителей, задействованных в создании ВВТ и в обеспечение его технической эксплуатации посредством выработки правил взаимодействия участников работ, распределения ответственности за поставки изделий, комплектующих и услуг;

органы военного управления формулируют и контролируют значения целевых параметров ВВТ и его ЖЦ;

научно-исследовательские организации заказчика обеспечивают получение и применение новых знаний за счет проведения фундаментальных и прикладных научных исследований и определяют цели, направления, формы деятельности участников ЖЦ ВВТ в области реализации достижений науки и техники. Кроме того, осуществляют верификацию типовых конструктивных решений на этапах создания ВВТ;

эксплуатант формирует массив информации по результатам эксплуатации и инициирует выработку требуемых управленческих воздействий;

военное представительство обеспечивает минимизацию издержек производства, осуществляет контроль достижения заданных показателей военно-технического уровня в ходе создания и его поддержание в процессе ремонта (модернизации), технического обслуживания и ремонта.

Перечисленные элементы в СУ ПЖЦ играют роль СубУ, а в качестве объектов управления выступают: *система требований; технические условия; тактико-технико-экономические характеристики; конструкция ВВТ и временные характеристики процессов ЖЦ.*

Структурная основа СУ ПЖЦ представленная на рисунке 25 предназначена для организационного упорядочения функций и процессов управления путем их группировки в блоки и выявления прямых и обратных связей между ними, представлена субъектами и объектами управления и имеет цель обеспечение требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ.

Новые формы управления, основанные на использовании интегрального показателя повышения эффективности для оценивания управленческих решений, обеспечивают выработку и реализацию единых управленческих воздействий участников ЖЦ. Такой подход обеспечивает тотальное управление ЖЦ ВВТ как единым объектом, при этом управленческие решения вырабатываются с учетом аспектов, представляющих значимость для каждого участника ЖЦ.

Предложенная структурная основа позволяет выявить для каждой подсистемы ее технологические, информационные и организационные входы и

выходы и выработать единые требования к принятию управленческих решений на основе интегрального показателя эффективности ЖЦ ВВТ.

Ориентация на повышение эффективности управления полным ЖЦ ВВТ позволяет сформировать систему управления, базирующуюся на понятных и логически выверенных показателях, которые представляют собой системное отражение стратегии РП, целей управления и обеспечивают правильную мотивацию должностных лиц при управлении процессами ЖЦ. При этом, показатели эффективности управления полным ЖЦ ВВТ должны отобразить зависимости характеристик облика на уровнях интегральных и системных свойств. Учитывая связь затрат, времени и эффекта функционирования системы, в задаче обоснования облика СУ ПЖЦ в качестве основных используются показатели результативности, оперативности и ресурсоемкости, составляющих основу критерия «эффективность-стоимость» полного ЖЦ ВВТ. Критерий эффективности базируются на принципах приоритета удовлетворения потребностей заказчика, ограниченности стоимостных затрат, динамического оценивания, интегральной эффективности управления ЖЦ, временной относительности оценивания и представляется в форме минимизации затрат на реализацию процессов ЖЦ при обеспечении требуемых значений параметров ВВТ и его ЖЦ.

Задача обоснования облика СУ ПЖЦ формулируется следующим образом. Пусть определена цель функционирования системы, в состав которой могут быть включены новые, либо существующие подсистемы и элементы. Требуется определить рациональный облик такой СУ ПЖЦ, которая наилучшим образом соответствует поставленной цели в заданных ограничениях. Формально постановка задачи обоснования облика СУ ПЖЦ имеет вид

$$W^* = \underset{W \in \{W_d\}}{\text{Arg min}} C(W), \quad (23)$$

$$\{W_d\} = \{W: \theta(W) \geq \theta_{\text{тр}}, Q(W) \subseteq Q_d\},$$

где $C(W)$ – стоимость функционирования СУ ПЖЦ, минимальное значение которой, соответствует представлению о рациональном W^* варианте облика СУ ПЖЦ; $\{W_d\}$ – множество допустимых W_d вариантов облика СУ ПЖЦ;

$\theta(W)$ – показатель эффективности управления полным ЖЦ ВВТ; $\theta_{\text{тр}}$ – требуемая эффективность управления полным ЖЦ ВВТ;
 $Q(W)$ – множество параметров ВВТ и его ЖЦ, характеризующих облик СУ ПЖЦ,
 Q_d – требуемые (допустимые) значения множества параметров ВВТ и его ЖЦ, характеризующих облик СУ ПЖЦ.

Основным подходом при решении задачи обоснования облика в виде (23) является метод иерархической декомпозиции по составным частям обоснования облика, позволяющий разукрупнить задачу на основании отношения «целое-часть» и необходимого количества итераций. В соответствии с данным подходом облик СУ ПЖЦ представляется в виде совокупности $W = (W^f, W^p, W^o)$ описаний функциональной структуры W^f , процессной структуры W^p , организационной структуры W^o , обеспечивающих требуемые (допустимые) значения Q_d множества параметров ВВТ и его ЖЦ

$$Q_d = \{E, T_{\text{эф}}, t, K_r, K_{\text{ти}}, \Delta, K_{\text{п}}, r\}, \quad (24)$$

при ограничениях $E(W) > E_d, T_{\text{эф}}(W) > T_{\text{эф}d}, t(W) \subseteq t_d, K_r(W) \geq K_{rd}, K_{\text{ти}}(W) \geq K_{\text{ти}d}, \Delta(W) > \Delta, K_{\text{п}}(W) \geq K_{\text{п}d}, r(W) > r_d$,

где E – интегральная технико-экономическая оценка изделий ВВТ; $T_{\text{эф}}$ – эффективный срок производства ВВТ; t – временные оценки процессов ЖЦ ВВТ; K_r – коэффициент готовности ВВТ; $K_{\text{ти}}$ – коэффициент технического использования ВВТ; Δ – выходной эффект эксплуатации; $K_{\text{п}}$ – коэффициент поддерживаемости ВВТ; r – риск невыполнения требований заказчика.

В зависимости от состояния проработки облика СУ ПЖЦ, между аспектами обоснования в соответствии с методом погрупповой оптимизации могут устанавливаться отношения иерархии, имеющие вид:

а) задача обоснования функциональной структуры:

$$W^{f*} = \text{Arg} \min_{W^f \in \{w_d^f\}} C(W^f, \tilde{W}^{p*}, \tilde{W}^{o*}), \quad (25)$$

$$\{w_d^f\} = \{W^f : W^f \in W = (W^f, \tilde{W}^{p*}, \tilde{W}^{o*}), \theta(W) \geq \theta_{\text{тр}}, P(W) \subseteq P\};$$

б) задача обоснования процессной структуры:

$$W^{p*} = \text{Arg} \min_{W^p \in \{w_d^p\}} C(\tilde{W}^{f*}, W^p, \tilde{W}^{o*}), \quad (26)$$

$$\{w_d^p\} = \{W^p: W^p \in W = (\tilde{W}^{f*}, W^p, \tilde{W}^{o*}), \theta(W) \geq \theta_{\text{тр}}, P(W) \subseteq P\};$$

в) задача обоснования организационной структуры:

$$W^{o*} = \text{Arg} \min_{W^o \in \{w_d^o\}} C(\tilde{W}^{f*}, \tilde{W}^{p*}, W^o), \quad (27)$$

$$\{w_d^o\} = \{W^o: W^o \in W = (\tilde{W}^{f*}, \tilde{W}^{p*}, W^o), \theta(W) \geq \theta_{\text{тр}}, P(W) \subseteq P\},$$

где символ «~» указывает на решения, полученные с предыдущего шага итерации.

Задачи (25), (26) и (27) решаются совместно. При невозможности получения приемлемого решения одной из этих задач уточняются решения других задач, а также ограничения. Возникающая в результате такого итерационного процесса последовательность решений будет сходиться к $W^* = (W^{f*}, W^{p*}, W^{o*})$, являющемуся решением общей задачи обоснования облика СУ ПЖЦ в виде (23).

3.2 Алгоритм обоснования облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Для реализации теоретических положений обоснования облика системы, рассмотренных в главе 2, необходимо определить состав и содержание задач управления полным ЖЦ ВВТ, установить прямые и обратные связи между ними, провести систематизацию процесса принятия управленческих решений по функциональным областям, процессам и стадиям ЖЦ.

Решение обозначенных задач осуществляется в соответствии с алгоритмом метода обоснования облика СУ ПЖЦ (рисунок 26) который включает ряд этапов и по своему содержанию реализует программно-целевое планирование к созданию системы и позволяет увязать способы, сроки и последовательность решения тех или иных проблемных вопросов, связанных с формированием облика СУ ПЖЦ с целью данной системы – поддержание требуемых значений параметров ВВТ и его

ЖЦ. По своей сути алгоритм представляет методику решения проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ.

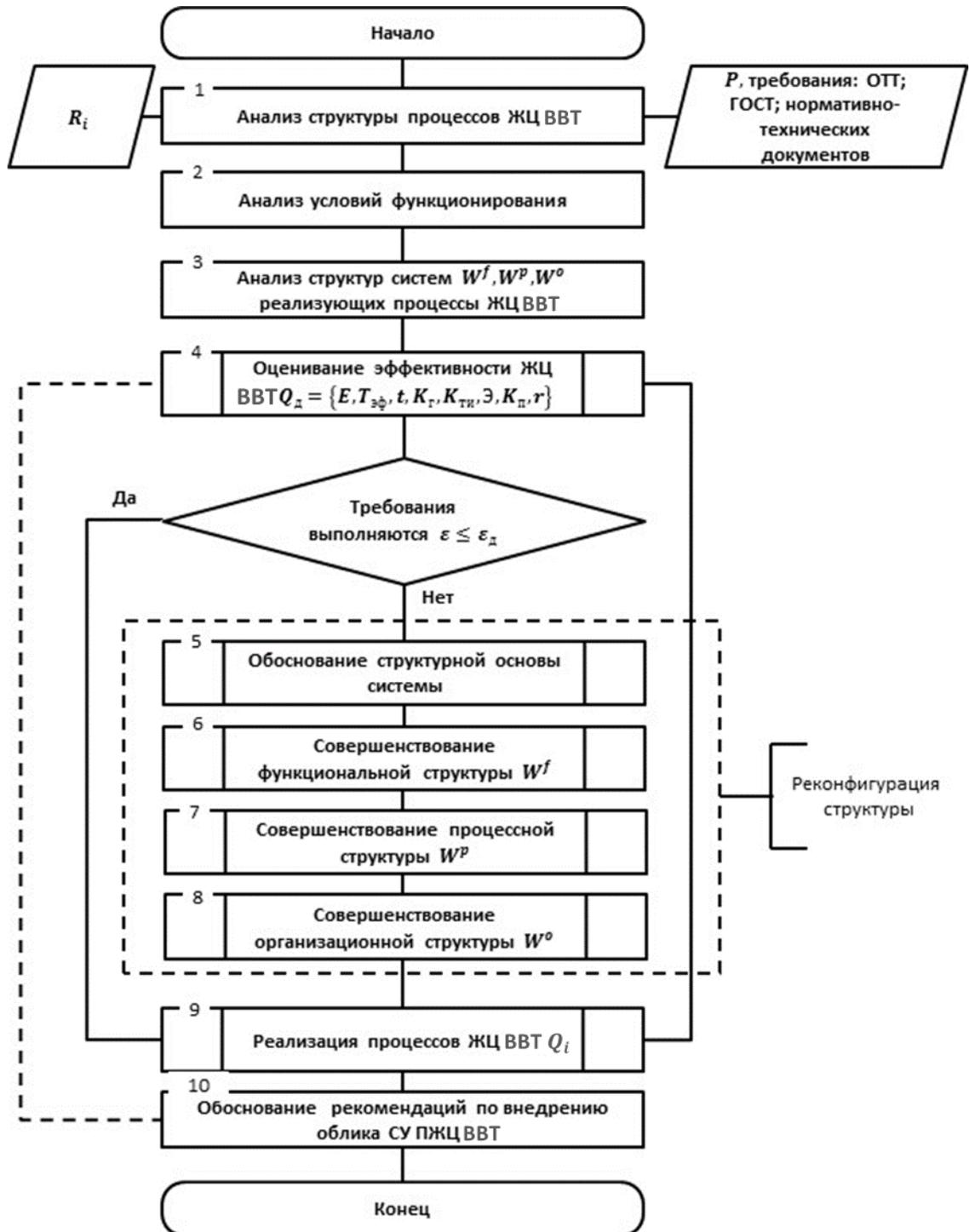


Рисунок 26 – Алгоритм метода обоснования облика СУ ПЖЦ

Источник: составлено Дубовским В.А.

Для решения задач на этапах используются различные научные методы, которые могут быть формальными и неформальными. Выбор метода решения той или иной задачи зависит от степени ее структурированности. В целом алгоритм, определяя жесткую последовательность и соподчиненность решения задач, связанных с формированием облика, оставляет достаточную свободу выбора средств и способов решения каждой из них.

Основу метода составляет многоуровневая процедура поэтапного перебора вариантов облика СУ ПЖЦ. Его основу составляет модифицированный метод поиска рационального решения в нелинейных задачах в сочетании с агрегативным принципом поэтапного обоснования облика СУ ПЖЦ. Его особенность состоит в учете неопределенности, сопутствующей реализации процессов ЖЦ и выделении в структуре облика функциональной, процессной и организационной структур.

Обоснование функциональной структуры СУ ПЖЦ обеспечивает разработку конструктивного описания функций управления ЖЦ ВВТ, которое отражает их взаимосвязи в процессе управления созданием и эксплуатацией ВВТ и определяет прямые и обратные связи управленческих функций, реализуемых участниками ЖЦ с ОБУ.

В основу *обоснования процессной структуры СУ ПЖЦ* положен процессный подход, позволяющий сформировать объективную структуру процессов ЖЦ ВВТ, достигаемую с помощью рекурсивной и итерационной процедур, достоверно устанавливающих их логическую последовательность, взаимовлияние и взаимосвязи с учетом уровней описания (процессная категория, процессная группа, процесс) и классификации процессов (процессы организационного обеспечения, процессы проекта, технические процессы).

Обоснование организационной структуры системы СУ ПЖЦ базируется на принципах теории систем (двойственности системы и элемента, прямой и обратной связи, необходимого разнообразия) и осуществляется при помощи структурного синтеза, предусматривающего ее построение из отдельных управленческих блоков путем их объединения по линиям прямой и обратной связи и учитывающих специфику объекта управления. Выделение уникальных (поисковые НИР, ОКР,

опытное производство, испытания ОО) и типовых (серийное производство, поставки, ТОиР) процессов позволило сформировать инновационную форму управления в виде интегрированной организационной структуры, учитывающей недостатки централизованной и децентрализованной.

К достоинствам метода следует отнести его системность и полное соответствие рассмотренным ранее в параграфе 2.4 принципам обоснования облика СУ ПЖЦ ВВТ.

Наряду с общесистемными принципами, на каждом из этапов алгоритма решения проблемы обоснования облика СУ ПЖЦ имеют место специфические принципы, присущие данному этапу. Специфические принципы определяют требования к методам решения задач рассматриваемого этапа. Несмотря на разнообразие возможных решений, связанных с определением концептуального, структурно-функционального облика системы, допустимыми следует считать решения, удовлетворяющие принципам *соответствия стоимости ЖЦ и его составляющих эффективности, системности, единоначалия и делегирования полномочий, функциональной, процессной интеграции.*

Принцип соответствия стоимости ЖЦ и его составляющих эффективности является ключевым при формировании облика системы. Он требует выработку каждого управленческого решения, связанного с затратами финансов и других видов ресурсов, осуществлять с ориентацией на достижение общей цели системы – обеспечение требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ.

Использование предлагаемой процедуры обоснования облика системы, в соответствии с разработанным методом, начинается с анализа структуры ЖЦ ВВТ в целом и предназначен для выявления особенностей процессов ЖЦ, которые обусловлены спецификой функционирования ВВТ и не соответствуют регламентированной структуре ЖЦ ВВТ, их последовательности и взаимосвязей. Выявленные при этом «разрывы» ответственности ОУ заказчика и исполнителя, позволяют очертить круг проблемных вопросов в управлении ЖЦ ВВТ и создать базис для последовательного построения системы по принципу «сверху вниз»,

обеспечивая полный охват управлением всех ОБУ. Данным задачам посвящен первый этап метода.

Второй этап посвящен «анализу условий функционирования ВВТ», которые существенно образом влияют на параметры ВВТ и его ЖЦ. Среди них особое внимание следует уделить: во-первых, эксплуатации ВВТ в условиях, удаленных от пунктов постоянной дислокации, что не всегда позволяет обеспечить своевременное проведение ТОиР; во-вторых, опыту и компетенциям эксплуатирующего персонала, которых оказывается недостаточно для эффективной эксплуатации нового ВВТ, что в комплексе приводит к снижению коэффициента готовности.

На третьем этапе осуществляется анализ структур, задействованных в реализации управления процессами ЖЦ ВВТ. В основе данного этапа заложен **принцип системности**, который указывает на то, что элементом системы может считаться только тот элемент, который участвует в достижении цели системы. Его реализация позволяет сформировать структурную основу системы для последующего формирования ее облика. Исходя из того, что целевое предназначение ВВТ реализуется на стадии эксплуатации, а также подавляющая продолжительность процессов на данной стадии реализуется системой технического обеспечения, предварительно можно сделать важный концептуальный вывод о том, что приоритет в управлении должен быть закреплен за ОУ заказчика.

Установлению степени достижения цели управления посвящен четвертый этап – оценивания эффективности ЖЦ ВВТ. При выявлении рассогласования между требуемыми и фактическими параметрами ВВТ и его ЖЦ и невозможности реализации ЖЦ ВВТ с требуемой эффективностью, принимается решение о необходимости реконфигурации системы, содержащей совершенствование функциональной, процессной и организационной структур.

В основу обоснования облика системы должна быть заложена структурная основа системы, содержащая цель, задачи управления ЖЦ, объекты и СубУ. Данные задачи решаются в ходе пятого этапа.

В ходе реконфигурации СУ ПЖЦ возникают задачи, связанные с обоснованием структурной основы системы и функциональным, процессным и организационным совершенствованием существующих локальных или слабо связанных систем.

Совершенствование функциональной структуры осуществляется на шестом этапе. Его целью является разработка детального описания задач (функций) и процедур их использования для принятия управленческих решений. В ходе решения данной задачи реализуется требования **принципа функциональной интеграции** путем выявления всех объектов управления, их управляющих и контрольно-информационных воздействий. Полнота решения этой задачи определяется единством цели всех для всех участников ЖЦ.

Совершенствование процессной структуры (седьмой этап) имеет целью формирование объективной структуры процессов ЖЦ ВВТ и осуществляется с учетом требований принципа **процессной интеграции**, требования которого направлены на сглаживание межэтапных и межстадийных стыков, исполняемых разными коллективами специалистов.

Совершенствование организационной структуры (восьмой этап) позволяет установить взаимосвязи между СубУ в процессе принятия и реализации управленческих решений. Данный подэтап алгоритма осуществляется с учетом рациональной комбинации **принципов единоначалия и делегирования полномочий**, что позволяет сформировать гибкую организационную структуру системы, адаптирующуюся под особенности выполняемых задач, путем распределения прав, обязанностей и ответственности при решении задач между ОУ заказчика, другими СубУ и должностными лицами, а также рациональном разделении функций управления между персоналом и средствами информационных технологий.

В случае, если в ходе четвертого этапа установлено отсутствие рассогласования между требуемыми и фактическими параметрами ВВТ и его ЖЦ осуществляется переход к девятому этапу «Реализация процессов ЖЦ ВВТ».

Десятый этап «Обоснование варианта завершения ЖЦ ВВТ», обусловлен изменением требований заказчика, которым существующий ВВТ не удовлетворяет.

3.3 Обоснование организационно-функциональной структуры облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Совокупность задач, которые предполагается выполнять СУ ПЖЦ, в обобщенном виде выражается в цели её создания – обеспечении требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ на всех этапах ЖЦ, позволяющих реализовать выполнение ВВТ задач по предназначению. В цепочке «цель-система-результат» цель выполняет роль фактора системной упорядоченности различных мероприятий и операций, совершаемых СУ ПЖЦ для её достижения, а результат есть мера полноты достижения цели. Упорядоченная совокупность мероприятий и операций системы образует способ её действий, при этом система может действовать различными способами, каждый из которых может представлять собой комбинацию нескольких простых способов. Будем рассматривать СУ ПЖЦ для случая, когда система действует одним способом, поскольку полученные результаты нетрудно интерпретировать и на другие случаи.

Расхождение между результатом и целью СУ ПЖЦ служат мотивацией для корректировки цели, способа действий либо облика системы. Цель СУ ПЖЦ задается Военной организацией РФ и практически не подлежит изменению. Поэтому при обосновании облика СУ ПЖЦ могут корректироваться способ её действий и функциональный облик.

Способ действий системы является той конструктивной основой, на базе которой разрабатываются функции СУ ПЖЦ, определяется их содержание и осуществляется их системная упорядоченность в виде функциональной структуры. Вариации способа действий СУ ПЖЦ обуславливают соответствующие изменения реализующей его совокупности функций системы. Одному и тому же способу

действий СУ ПЖЦ могут соответствовать различные совокупности её функций. И наоборот. Функциональный облик СУ ПЖЦ более консервативен, чем способ её действий, поскольку функции системы «привязываются» к соответствующим её материальным компонентам.

Основные элементы способа действий СУ ПЖЦ в общем случае соответствуют вопросам: «на что, кого» (субъект управления), «что» (вещество, энергия, информация), «как» (посредством какого эффекта или явления) и в «каких условиях» (временных, ресурсных). Исходя из этого, способ действий СУ ПЖЦ, может быть представлен в виде кортежа

$$\langle O, A, E, U \rangle_S \quad (28)$$

где O – наименование субъекта управления; A – поток вещества, энергии или информации; E – наименование операции, представляющей используемый эффект или явление; U – условия реализации операции E .

Каждая выполняемая функция СУ ПЖЦ также может быть представлена в виде соответствующей четвертки

$$\langle O, A, E, U \rangle_D \quad (29)$$

В процессе организационно-функционального синтеза элементы четвертки (23) и (24) последовательно раскрываются и наполняются конкретным содержанием. В общих чертах это процесс представляется в виде следующей логической последовательности (рисунок 28). Исходной мотивацией организационно-функционального синтеза и внешним требованием к функциональному облику СУ ПЖЦ является цель. В соответствии с целью обосновывается предпочтительный способ действий СУ ПЖЦ в предположении, что облик системы реализуем.

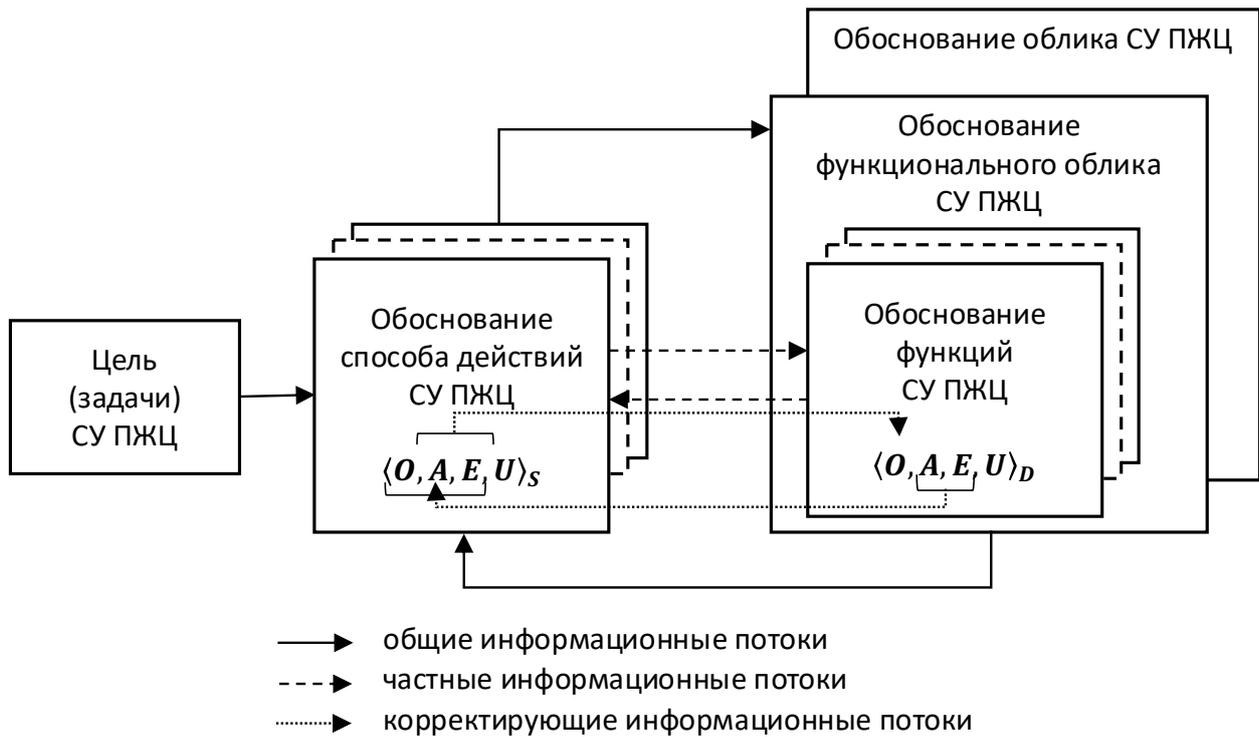


Рисунок 27 – Обобщенная процедура обоснования организационно-функциональной структуры

Источник: составлено авторами на основании [150].

Первоначально в четверке (28) определяется (уточняется) объект O . Далее, на основе анализа свойств и характеристик объекта обосновываются виды факторов A и операций E , посредством которых объект O будет переводиться в соответствии с целью (задачами) системы в желаемое состояние. При этом вначале предполагается, что условия и осуществления операций E не оказывают заметного влияния на эти операции. На заключительном шаге исследований на основе учета условий и уточняются объект O , факторы A и операции E . Образующаяся таким образом последовательность процедур обоснования способа действий СУ ПЖЦ составляет цикл, который должен повторяться до достижения необходимой полноты представлений о способе её действий. Функциональный облик СУ ПЖЦ вовлекается в обоснование способа её действий через элементы A, E и U . После предварительного выявления предпочтительного способа процесс организационно-функционального синтеза концентрируется на обосновании

функций СУ ПЖЦ, которые разделяются на внешние и внутренние. Внешние функции непосредственно связаны со способом её действий. Внутренние же функции СУ ПЖЦ являются обеспечивающими по отношению к её внешним функциям.

В четверке

$$\langle O, A, E, U \rangle_{D_B}, \quad (30)$$

соответствующей внешним функциям СУ ПЖЦ, содержанием элемента O будет являться совокупность всех возможных факторов A четверки (23), а элементы A и E будут представлять множества факторов и операций, осуществляемых системой в отношении этого объекта O .

Условия U для внешних функций СУ ПЖЦ будут включать часть условий, входящих в состав U четверки (23) и общих для системы и объекта её действий, а также условия, определяемые собственно обликом СУ ПЖЦ и порядком функционирования.

Представим описание внутренних функций ОФС четвёркой

$$\langle O, A, E, U \rangle_{D_{\text{вн}}}, \quad (31)$$

В (30) в качестве объекта O рассматриваются факторы A и операции E , осуществляемые внешними функциями СУ ПЖЦ и входящие в состав (31), а в качестве факторов A и операций E – те, которые осуществляются внутренними функциями системы в отношении её внешних функций. Условия U для внутренних функций системы образуются из части условий внешних функций и собственно внутренних условий, определяемых устройством СУ ПЖЦ и порядком её функционирования. Процедура обоснования функций СУ ПЖЦ также образуют цикл, имеющий итерационный характер. Совместно процедуры обоснования способа действий функций СУ ПЖЦ образуют итерационный процесс, завершающийся результатами обоснования облика системы (рисунок 28).

Задача обоснования облика СУ ПЖЦ в содержательном смысле может быть сформулирована в следующих понятиях. Пусть определена цель создания СУ ПЖЦ и условия (ограничения), в которых она будет создаваться и применяться. Требуется определить такую совокупность функций СУ ПЖЦ и порядок её функционирования, которые обеспечивают достижение цели системы наилучшим образом.

Математически задача обоснования облика СУ ПЖЦ в общем виде может быть представлена следующими аспектами обоснования (рисунок 28).

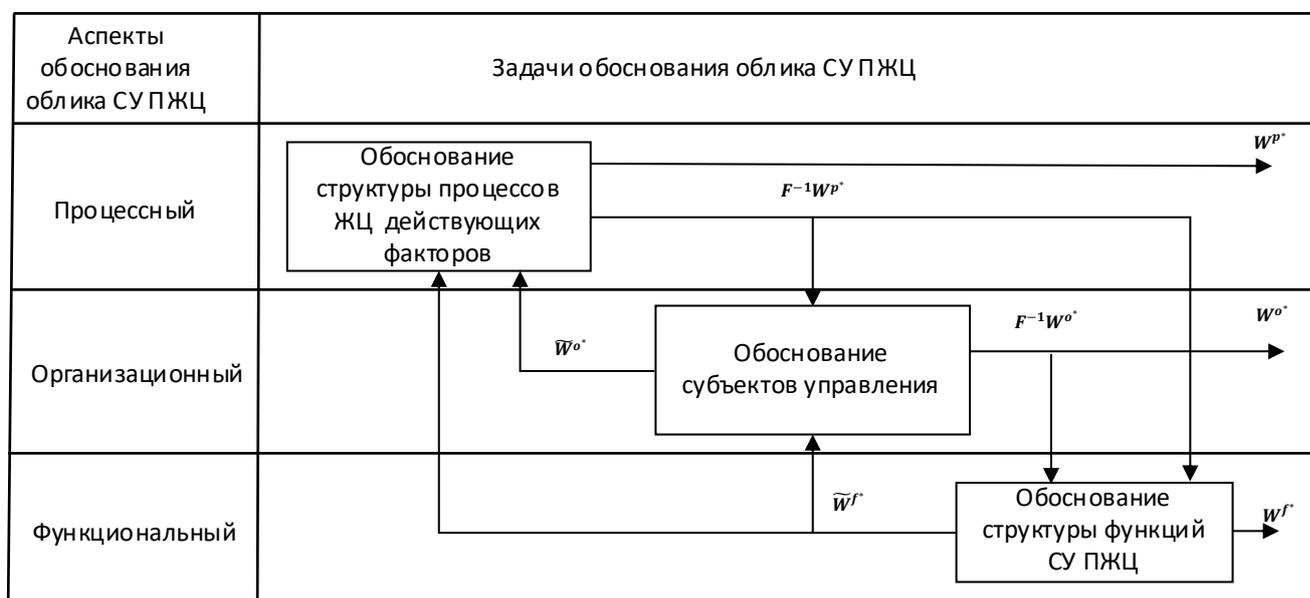


Рисунок 28 – Декомпозиция общей задачи обоснования облика СУ ПЖЦ

Источник: составлено авторами.

Введем функции агрегирования и дезагрегирования множеств описаний облика СУ ПЖЦ по аспектам: процессному FW^p , $F^{-1}W^p$; организационному FW^o , $F^{-1}W^o$; функциональному FW^f , $F^{-1}W^f$, а также функции обобщения облика системы по аспектам G^p , G^o и G^f . С использованием этих функций применительно к представленному на рисунке 28 случаю иерархических отношений аспектов, взаимосвязь множеств функционального облика системы может быть представлена в виде

$$W^p = G^p\{\tilde{W}^{p*}, FW^p(W^{o*}, W^{f*})\}; W^o = G^o\{\tilde{W}^{p*}, FW^o(W^{p*}, W^{f*})\}; \quad (27)$$

$$W^f = G^f\{\tilde{W}^{f*}, FW^f(W^{p*}, W^{o*})\}.$$

В основе декомпозиции общей задачи обоснования облика СУ ПЖЦ по уровням разукрупнения (рисунок 29) лежат следующие физические предпосылки.

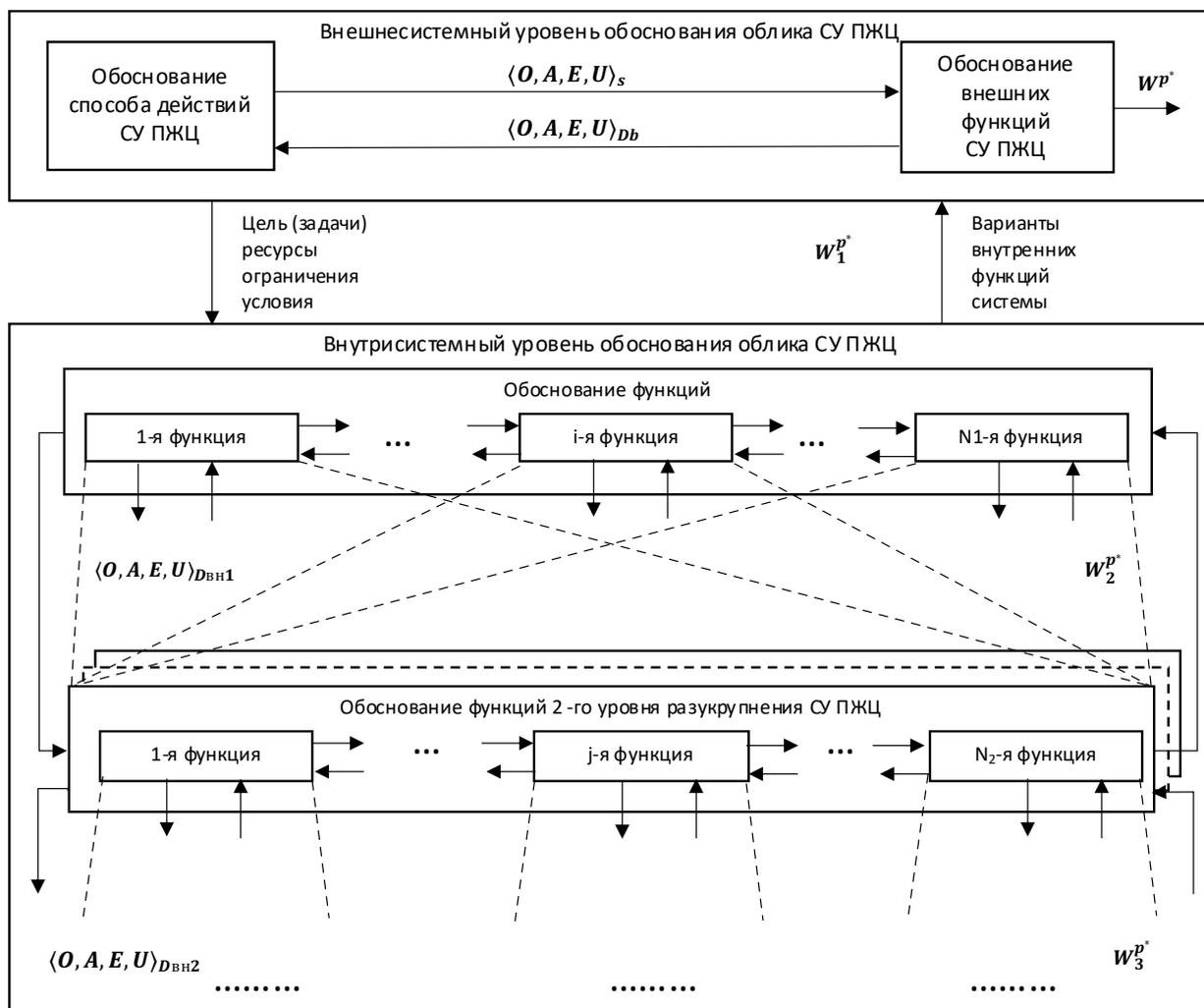


Рисунок 29 – Декомпозиция задачи обоснования облика СУ ПЖЦ по уровням разукрупнения

Источник: составлено авторами.

Внешние функции СУ ПЖЦ проявляются в способе её действий и неразрывно связаны с ним, поскольку их содержание определяется структурой процессов ЖЦ и СубУ (организационный аспект) определяющими выбор метода воздействия на ОУ. С другой стороны, содержание внешних функций СУ ПЖЦ определяется также её внутренними функциями, которые по отношению к внешним функциям, как отмечалось выше, выполняют обеспечивающую роль. Аналогично, внутренние функции СУ ПЖЦ также разделяются по общности. Более крупные, обобщающие функции, имеют характер внешних функций по отношению к менее крупным, входящим в их состав частным функциям. Количество уровней разукрупнения функций СУ ПЖЦ определяется необходимой глубиной проработки её облика.

Уровням разукрупнения облика СУ ПЖЦ ставятся в соответствие уровни его обоснования. Внешнесистемный уровень обоснования обеспечивает формирование внешних функций СУ ПЖЦ и способа её действий, а также согласование и системную увязку в единый облик совокупности функций системы, их свойств, характеристик и принципов функционирования, обоснование которых проводится на внутрисистемном уровне обоснования. С внешнесистемного уровня начинается обоснование организационно-функционального облика СУ ПЖЦ, на этом уровне и завершается. В результате неоднократного перехода от уровня к уровню обоснования в прямом и обратном направлении достигается соответствие между функциональными свойствами системы, её организационным строением и функционированием, а также между характеристиками отдельных функций и всего облика СУ ПЖЦ в целом.

Между множествами описаний облика СУ ПЖЦ по уровням разукрупнения возможно установить следующие соотношения

$$W_l = \Phi_l [H_{(l-1)}^{-1}(W_{l-1}), H_l(W_{l+1})], l=1,2,\dots, \quad (32)$$

$$W_0 = H_0(W_l), W = (W_0, W_1, \dots),$$

где W_l – множество, описывающее облик СУ ПЖЦ на l -ом уровне разукрупнения внутрисистемного обоснования; Φ_l , – функция обобщения описания облика СУ ПЖЦ на l -ом уровне разукрупнения; H_l , $H_{(l-1)}^{-1}$ – соответственно функции агрегирования и дезагрегирования множества, описывающего облик системы на l -ом и $(l-1)$ -ом уровнях разукрупнения; W_0 – множество, описывающее облик СУ ПЖЦ на внешнесистемном уровне обоснования.

При фиксированном уровне разукрупнения облика СУ ПЖЦ дальнейшее разделение ее функций осуществляется «по горизонтали» на совокупность «равноправных» не связанных иерархическими отношениями функций.

Объединение множеств, описывающих их, образует общее описание облика СУ ПЖЦ на данном уровне разукрупнения

$$W_l = (W_{1l}, \dots, W_{jl}, \dots, W_{N_l}), \quad (33)$$

$$W_{jl} = \Phi_{jl} [H_{j(l-1)}^{-1}(W_{l-1}), H_{jl}(W_{jl})],$$

где W_{jl} – множество, описывающее j -ю функцию СУ ПЖЦ l -го уровня разукрупнения; N_l – общее количество функций l -го уровня разукрупнения; Φ_{jl} – функция обобщения описания j -ой функции СУ ПЖЦ l -го уровня разукрупнения; $H_{j(l-1)}^{-1}$ – функция дезагрегирования множества, описывающего облик СУ ПЖЦ на $(l-1)$ -м уровне разукрупнения, применительно к j -й функции l -го уровня; H_{jl} – функция агрегирования множества, описывающего облик СУ ПЖЦ на $(l+1)$ -м уровне разукрупнения, применительно к j -й функции l -го уровня.

В результате декомпозиции общей задачи синтеза по уровням разукрупнения облика СУ ПЖЦ образуется семейство иерархически связанных задач внешнесистемного и внутрисистемного обоснования облика системы.

Задача внешнесистемного обоснования облика СУ ПЖЦ записывается аналогично общей задаче с той лишь разницей, что вместо W в ней указывается W^0 .

Задачи внутрисистемного обоснования СУ ПЖЦ имеют вид:

задача синтеза l -го уровня

$$W_l^* = \underset{W_l \in \{W_l\}_d}{\text{Arg min}} C(W_l), \quad (34)$$

$$\{W_l\}_d = \{W_l: \theta(W) \geq \theta_{\text{тр}}, Q(W_l) \subseteq Q_l\},$$

$$Q_l \in Q = (Q_1, \dots, Q_l, \dots), W_l^* = (W_{1l}^*, \dots, W_l^*, \dots, W_{Nl}^*), l = 1, 2, \dots,$$

задача синтеза j -й функции l -го уровня

$$W_{jl}^* = \underset{W_{jl} \in \{W_{jl}\}_d}{\text{Arg min}} C(W_{jl}), \quad (35)$$

$$\{W_{jl}\}_d = \{W_{jl}: W_{jl} \in W_l = (W_{1l}, \dots, \widetilde{W}_{(j+1)l}^*, \dots, \widetilde{W}_{N_1l}^*), \theta_{jl}(W_{jl}) \geq \theta_{\text{тр}jl}, Q_{jl}(W_{jl}) \subseteq Q_{lj}\},$$

$$j = \overline{1, N_l}, \theta = \theta(\theta_{1l}, \dots, \theta_{jl}, \dots, \theta_{N_1l}), C = C(C_{1l}, \dots, C_{jl}, \dots, C_{N_1l})$$

$$Q_{jl} \in Q_l = (Q_{1l}, \dots, Q_{jl}, \dots, Q_{N_1l})$$

Вследствие сложности задача организационно-функционального синтеза СУ ПЖЦ решается последовательно по стадиям. На каждой стадии вырабатывается новый, более полный объем представлений о функциях СУ ПЖЦ, их взаимосвязях, характеристиках и функционировании системы (рисунок 30).

На начальной первой стадии обосновывается способ действий СУ ПЖЦ и концептуальные представления об её облике (её внешние границы). На этой стадии облик СУ ПЖЦ рассматривается в виде целостной системы «идеальных», то есть в принципе осуществимых функций. На второй стадии проводится обоснование основных функций СУ ПЖЦ, определяющих её назначение и эффективность действий. При этом в полной мере учитываются условия и ограничения осуществимости основных функций, что придает им характер «реальности». В отношении других функций делается предположение, что они как «идеальные» осуществляются в полном объеме.

На дальнейших стадиях исследования направляются на обоснование следующих функций, а также на уточнение облика функций, определенных на предыдущих стадиях. На заключительной стадии СУ ПЖЦ облик системы

рассматривается в полном, как того требуют цели исследований, объеме в виде системы «реальных» функций. Акцент в исследованиях делается на определение предпочтительного порядка функционирования системы. Между стадиями СУ ПЖЦ имеются информационные связи, обеспечивающие поступление необходимых исходных данных, а также уточнение как постановок задач, так и результатов их решения.

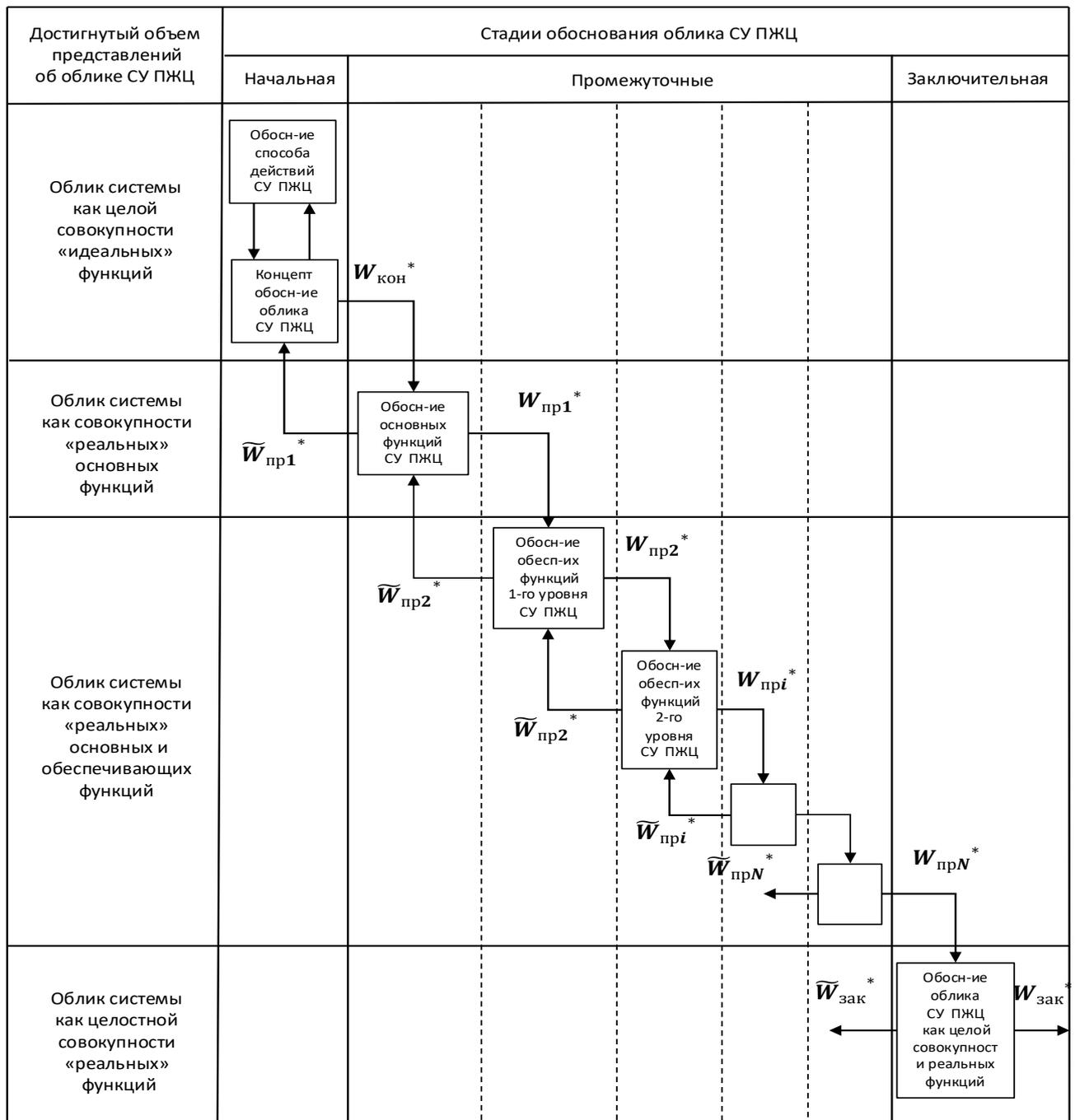


Рисунок 30 – Декомпозиция задачи обоснования облика СУ ПЖЦ по стадиям

Источник: составлено авторами.

При декомпозиции общей задачи обоснования СУ ПЖЦ по стадиям частная задача обоснования на i -ой стадии записывается в виде

$$W_{\varepsilon l}^* = \underset{W_{\varepsilon l} \in \{W_{\varepsilon l}\}_d}{\text{Arg min}} C(W_{\varepsilon l}), \quad (36)$$

$$\{W_{\varepsilon l}\}_d = \{W_{\varepsilon l}: \theta(W_{\varepsilon l}) \geq \theta_{\text{тр}}, Q(W_{\varepsilon l}) \subseteq Q_l\}$$

$$\theta = \theta(\theta_{1l}, \dots, \theta_{jl}, \dots, \theta_{N_1l}), C = C(C_{1l}, \dots, C_{jl}, \dots, C_{N_1l}),$$

$$W_{\varepsilon l} = \Phi_{\varepsilon i} [F_{\varepsilon(i-1)}^{-1}(W_{\varepsilon(i-l)}), F_{\varepsilon i}^{-1}(W_{\text{зак}}^*)],$$

$$\varepsilon_i = \begin{cases} \text{кон}, i = 0; \\ \text{пр}, i = \overline{1, N}; j = \overline{1, N_l}; \\ \text{зак}, i = N + 1; \end{cases}$$

$$\begin{aligned} W_{\varepsilon 0} = W_{\text{кон}} &= \Phi_{\text{кон}} [F_{\text{кон}}(\tilde{W}_{\text{пр}}^*), \tilde{W}_{\text{зак}}^*], W_{\text{пр}i} = \\ &= \Phi_{\text{пр}i} [F_{\text{пр}(i-1)}^{-1}(\tilde{W}_{\text{пр}(i-1)}^*), F_{\text{пр}i}^{-1}(\tilde{W}_{\text{зак}}^*)], W_{\text{зак}}^* = W^* \end{aligned}$$

где $\Phi_{\varepsilon i}$ – функция обобщения описания облика СУ ПЖЦ на i -ой стадии её обоснования; $F_{\varepsilon i}^{-1}, F_{\varepsilon(i-1)}^{-1}$ – функции дезагрегирования и агрегирования описания облика на $(i-1)$ -ой и i -ой стадиях обоснования соответственно; N – общее количество промежуточных стадий обоснования.

Как и при синтезе системы в целом, декомпозиция общей задачи обоснования облика СУ ПЖЦ по стадиям является основой, на базе которой осуществляется дальнейшее развертывание процесса обоснования по аспектам и уровням разукрупнения. При этом частные задачи СУ ПЖЦ по аспектам и уровням, выполняя поочередно иерархически главную роль «вкладываются» друг в друга, а вместе – в частную задачу на данной стадии. Внутри каждого вида декомпозиции также сменяется поочередно иерархически главный аспект (уровень, стадия).

В результате образуются многоконтурные циклические итерационные процессы, обеспечивающие решение общей задачи обоснования облика системы.

Обоснование организационно-функционального облика СУ ПЖЦ позволяет в аналитическом виде формализовать процесс разработки её функционального облика, как сложной многоуровневой иерархической системы.

3.4 Обоснование процессной структуры облика системы управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Для построения структуры процессов ЖЦ ВВТ в работе используется процессный подход, являющийся универсальной основой эффективного решения задач проектирования любой организационно-технических систем управления. Применительно к проводимому исследованию процессный подход заключается в представлении деятельности, осуществляемой в ходе создания и эксплуатации ВВТ в виде взаимосвязанной совокупности системы процессов ЖЦ ВВТ.

Известно, что методологией научного познания является диалектика. Исходя из этого, системный подход выступает в качестве одного из принципов диалектической логики [21]. По своей природе он обуславливает реализацию в конкретной форме основных идей диалектики, а в контексте ЖЦ является основным условием эффективного решения проблем, задач, вопросов теории и практики проектирования, разработки, создания, эксплуатации, развития и исследования ВВТ. Его применение позволяет: рассматривать ЖЦ ВВТ в качестве динамически развивающегося целого; разделять ЖЦ на составляющие структурные части; выстраивать составляющие структурные части ЖЦ во взаимовлиянии друг друга и взаимодействии между собой.

Системное представление процессов ЖЦ ВВТ означает создание модели, в которой в структурированном виде представлена информация обо всех объективно происходящих процессах, сопровождающих его развитие и деградацию. Другими

словами, структурированное представление информации есть описание сущности процессов ЖЦ ВВТ.

Поэтому для восприятия и понимания процессов ЖЦ ВВТ необходимо и достаточно представить их с использованием функциональной модели. Такая модель дает возможность осознать важность ЖЦ ВВТ как системы, определить его место, роль и отношение к другим системам. Ее построение представляет собой разработку дерева процессов с требуемой степенью декомпозиции, содержащего информацию о сущности процессов и их взаимосвязей.

Такой подход к моделированию предполагает тотальный охват осуществляемой деятельности и установления для процесса следующих атрибутов:

наименования, передающего область применения процесса;

цели, описывающей конечный эффект от выполнения процесса;

выходов, представляющих собой наблюдаемые результаты, получаемые при успешном выполнении процесса;

деятельности, являющейся перечнем действий, используемых для достижения выходов;

задач, представляющих собой требования, рекомендации или допустимые действия, предназначенные для поддержки достижения выходов процесса.

Для моделирования процессной структуры было выделено 3 уровня описания процессов (рисунок 31):

процессная категория (первый уровень) – направление деятельности участников ЖЦ, проводимой в рамках конкретной стадии ЖЦ и включающей ряд процессных групп, объединенных общностью поставленных целей и способов ее достижения;

процессная группа (второй уровень) – совокупность взаимодействующих процессов, проводимых в рамках этапа или этапов ЖЦ, объединенных единством целей и способов ее достижения;

процесс (третий уровень) – совокупность видов деятельности (задач), объединенных получением общих результатов их совместной деятельности.

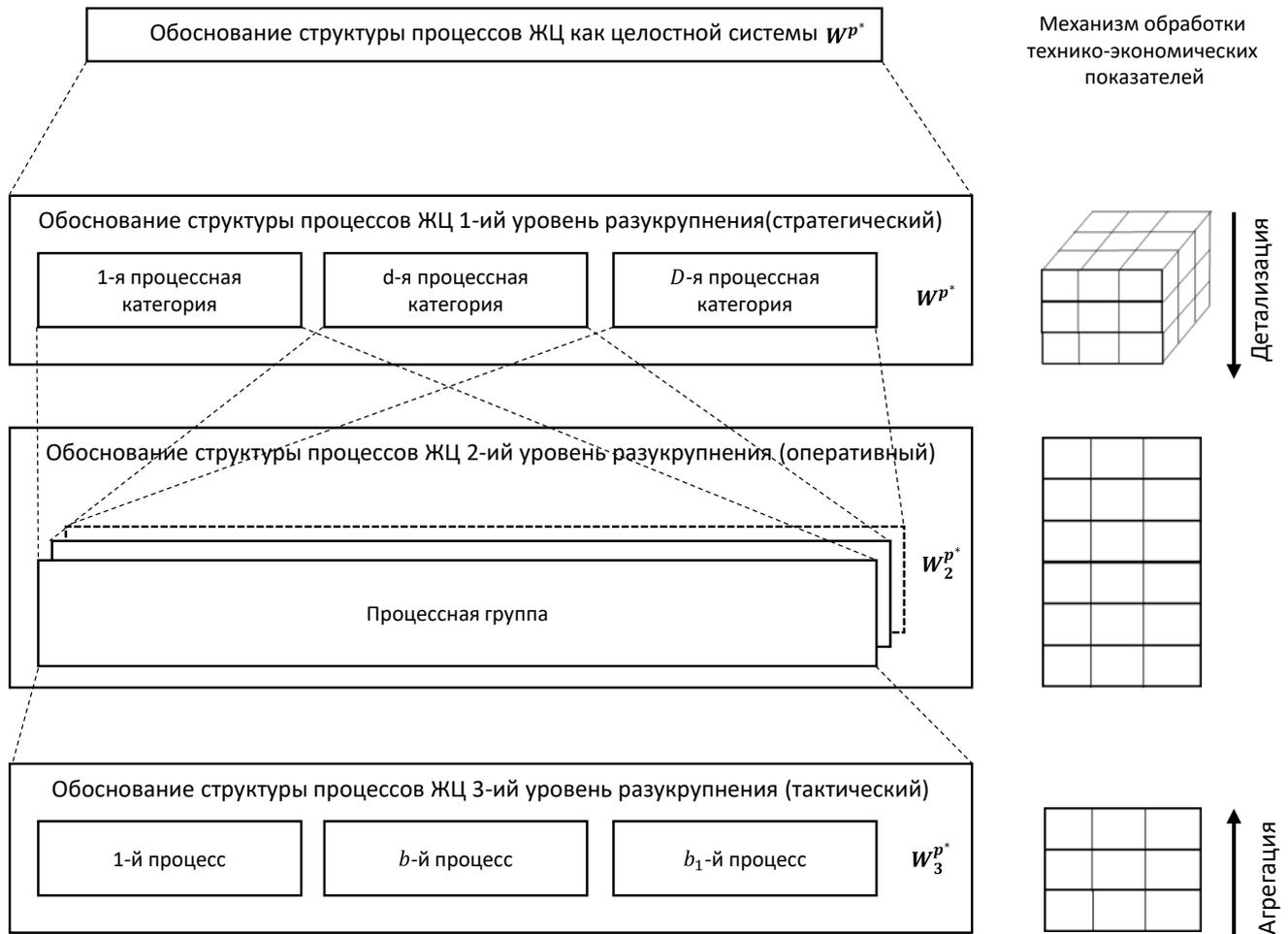


Рисунок 31 – Процедура обоснования структуры процессов ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Жизненный цикл ВВТ содержит множество процессов, обеспечивающих достижение как частных целей отдельных этапов, так целей стадий. В свою очередь, каждый из них имеет ряд существенных признаков, позволяющих провести их разделение на соответствующие классы процессов, среди которых следует выделить: процессы организационного обеспечения ЖЦ ВВТ; процессы проекта и технические процессы. Их содержание и отличительные признаки представлены в таблице 11, а взаимосвязи показаны на рисунке 33.

Учитывая многообразие описанных в таблице процессов ЖЦ ВВТ, возникает задача их идентификации, описания и выявления связи между ними. В зависимости, от того, насколько точно они будут идентифицированы, согласованы

между собой и насколько существенными окажутся установленные связи, будет зависеть качество функциональной модели.

Таблица 11 – Наименование классов процессов ЖЦ ВВТ и их содержание

Наименование класса процессов	Содержание класса процессов	Процессы
Процессы организационного обеспечения	осуществляют управление возможностями заказчика по приобретению ВВТ или услуг по его обслуживанию через поддержку и управление ЖЦ. Эти процессы обеспечивают ресурсы и инфраструктуру, необходимые для поддержки ЖЦ ВВТ, и гарантируют удовлетворение организационных целей и установленных требований	управления поставкой; управления ресурсами; управления процессами ЖЦ; управления качеством
Процессы проекта	используются для установления и выполнения планов, оценки фактических достижений и продвижений ЖЦ в соответствии с планами и для контроля выполнения ЖЦ вплоть до его завершения. Отдельные процессы проекта могут осуществляться в любой момент жизненного цикла и на любом уровне иерархии проектов как в соответствии с планами, так и с учетом непредвиденных обстоятельств	планирования ЖЦ; оценивания ЖЦ; принятия решения; управления рисками
Технические процессы	применяются для определения требований к ВВТ, преобразования этих требований в эффективный ВВТ, позволяющий использовать его по назначению в требуемый момент времени, поддерживать в готовности к такому использованию и утилизировать при изъятии из обращения. Данные процессы определяют совокупность работ, которые позволяют в рамках задач организационного обеспечения и проекта оптимизировать эффективность управления ЖЦ и уменьшать риски, возникающие вследствие принятия технических решений и осуществления соответствующих действий. Эти процессы обеспечивают создание условий для того, чтобы ВВТ обладал требуемой боевой эффективностью, надежностью, пригодностью к обслуживанию, производству и использованию, а его создание было экономически целесообразным, т. е. обладал такими качествами, которые удовлетворяли требования, как заказчика, так и организаций-разработчиков. Кроме того, технические процессы обеспечивают создание условий, способствующих тому, чтобы ВВТ соответствовал требованиям нормативно-технического обеспечения	определения требований; анализа требований; проектирования; реализации СЧ ОО; комплексирование СЧ ОО; верификации; валидации; передачи; применения по назначению; хранения; транспортирования; обслуживания; списания

Источник: составлено и адаптировано на основе анализа [84].

Далее обосновывается процедура, обеспечивающая структуризацию процессов ЖЦ ВВТ и их эффективное применение. Ее осуществление направлено на проведение группировки процессов с учетом классов и привязку к конкретному СубУ (рисунок 33). Это позволяет процессы ЖЦ ВВТ определить, как совокупность процессов проекта, технических процессов и процессов организационного обеспечения, потребляющих ресурсы и формирующих однозначный, ориентированный на заказчика результат.

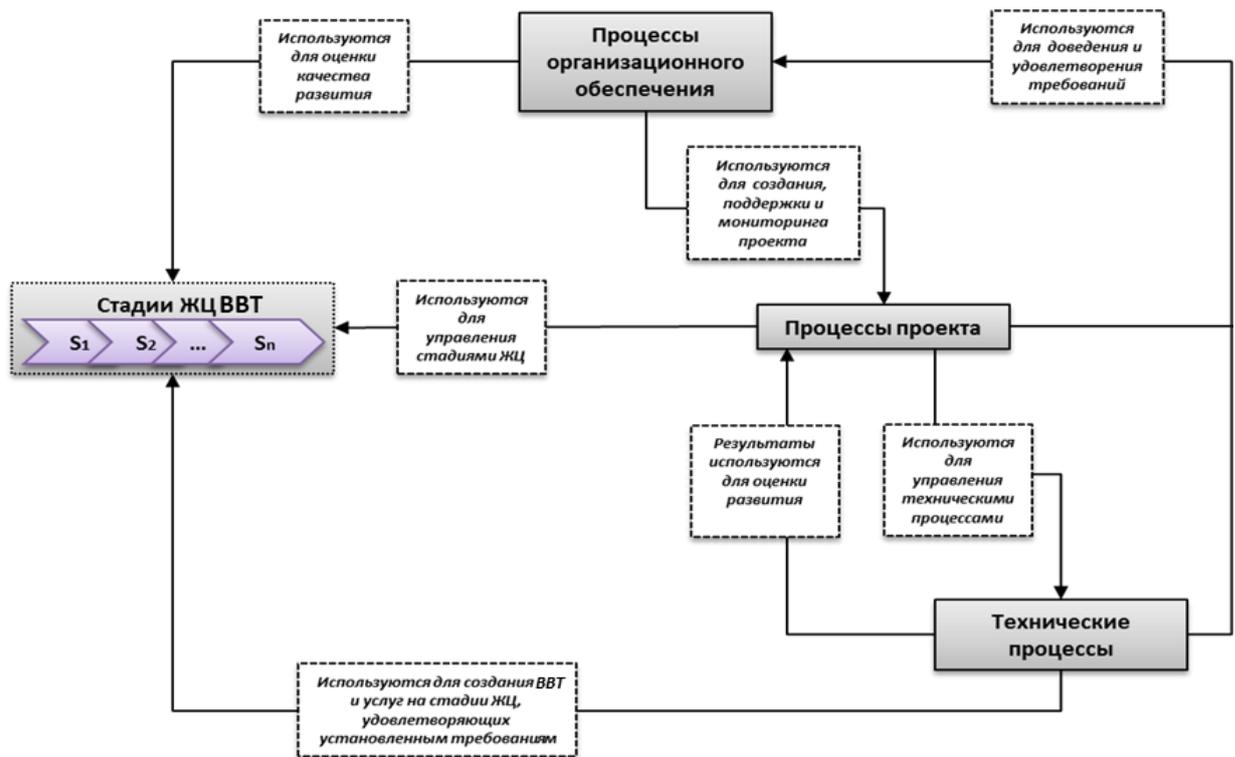


Рисунок 32 – Взаимосвязи процессов ЖЦ ВВТ

При этом достижение целей и задач отдельных этапов процессов ЖЦ ВВТ предполагает последовательное применение одинакового множества процессов или действий к ВВТ и отдельным его элементам. Результаты от одного применения используются как входы для нижележащего уровня элементов ВВТ, чтобы достичь более детального или более совершенного множества результатов. Подобная процедура составляет рекурсивное применение (сверху-вниз) процессов ЖЦ ВВТ и последовательно добавляет ценность к ВВТ и его элементам (рисунок 33).

В свою очередь, если применение того же самого процесса или множества процессов повторяется, такая процедура определяется как итеративное применение. Итерация является не только применимой, но и ожидаемой. В результате применения процесса или множества процессов создается новая информация.

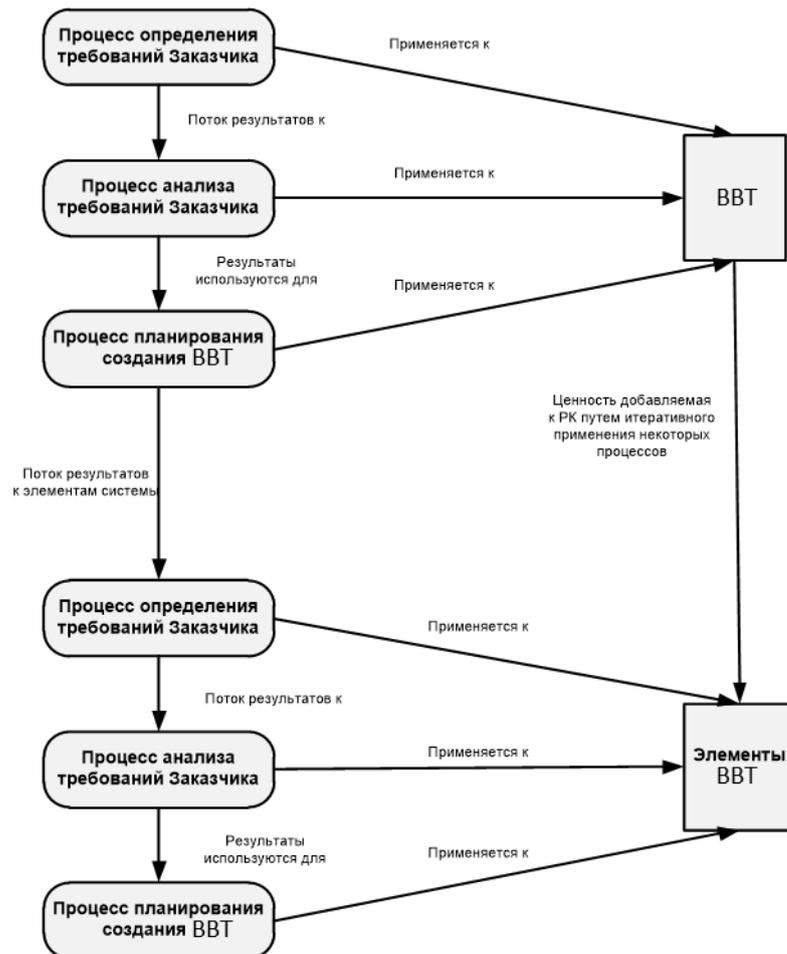


Рисунок 33 – Рекурсивное применение процессов ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Обычно эта информация принимает форму вопросов относительно требований, анализируемых рисков или возможностей. Данные вопросы следует разрешать до завершения действий процесса или множества процессов. Если итеративное применение действий или процессов может отвечать на вопросы, то рекомендуется поступать именно так. Итерация может быть востребована для

гарантирования того, что до применения следующего процесса или множества видов деятельности к ВВТ использована информация с приемлемым качеством. В этом случае итерация добавляет ценность к ВВТ в процессе его создания и эксплуатации (рисунок 34).



Рисунок 34 – Итеративное применение процессов ЖЦ ВВТ

Источник: составлено авторами.

Как и при обосновании организационно-функциональной структуры системы, декомпозиция задачи обоснования структуры процессов ЖЦ ВВТ по уровням (стратегический, оперативный, тактический) является основой, на базе которой осуществляется дальнейшее развертывание процесса обоснования по аспектам и уровням разукрупнения. При этом частные задачи СУ ПЖЦ по аспектам и уровням, выполняя поочередно иерархически главную роль «вкладываются» друг в друга, а вместе – в частную задачу на данной стадии. Внутри каждого вида декомпозиции также сменяется поочередно иерархически главный аспект (уровень, стадия).

В результате образуются многоконтурные циклические итерационные процессы, обеспечивающие решение общей задачи обоснования облика системы.

Обоснование организационно-функционального облика СУ ПЖЦ позволяет в аналитическом виде формализовать процесс разработки её функционального облика, как сложной многоуровневой иерархической системы.

ГЛАВА 4 МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

4.1 Показатели, критерии и принципы оценивания эффективности управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники

Отмечающийся в последнее время всплеск развития новейших технологий приводит к все большему усложнению создаваемых на их основе образцов ВВТ, и ошибки при их проектировании, создании и использовании могут привести к значительным финансовым и временным потерям. В этих условиях требования к обоснованности принимаемых решений в ключевых моментах ЖЦ ВВТ резко возрастают. Их выработку необходимо осуществлять с позиций поиска компромисса между затратами заказчика и доходами изготовителя ВВТ, в свою очередь, интеграция ресурсов и компетенций каждого из них позволяет получать синергетический эффект в масштабах полного ЖЦ.

Методологической основой взаимодействия участников ЖЦ ВВТ выступают интегрированные понятия четырех основных научных теорий: теории систем, теории экономического анализа, исследования операций, кибернетики и системотехники, поскольку приемы и методы этих теорий направлены на выдвижение альтернативных вариантов решения проблем, сопутствующих построению и применению ВВТ, выявление масштабов неопределенности по каждому варианту и сопоставлению вариантов по эффективности и качеству, как наиболее информативным и объективным характеристикам как самих систем, так и процесса их применения.

Прежде чем приступить к разработке показателей и критериев оценивания эффективности управления полным ЖЦ ВВТ, как основной деятельности СУ ПЖЦ будут рассмотрены существующие подходы к определению понятия

эффективности. Проведенный этимологический анализ данного термина, первые упоминания о котором следует отнести к работам ученых-экономистов Ф. Кенэ и У. Пети [163, 216] указывает на то, что эффективность категория оценочная. Эффективной считается деятельность, обеспечивающая достижение желаемого эффекта. Оценка эффективности выводится на основе определения степени достижения требуемого эффекта. Если же он достигается в полной мере, тогда его сопоставляют с затратами, и более эффективным считается тот вариант, который потребовал меньших затрат. Таков смысл понятия эффективности. Его употребляют с различными определениями: экономическая, военная, техническая, научная и другие, имея в виду различные сферы и виды деятельности. Так, под экономической эффективностью часто понимают прибыль – разницу между затраченным капиталом и доходом, измеряемую нормой прибыли [51].

Эффективность может выражаться в многочисленных показателях [28, 36, 117, 121, 163]. Например, показатели военно-экономической эффективности могут формироваться путем сопоставления показателей достигнутого эффекта с показателями затрат.

Из полученных таким образом производных показателей соотношений выбирают и используют те, которые наиболее репрезентативно характеризуют рассматриваемую систему.

В свою очередь под критерием военно-экономической эффективности следует понимать признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация рассматриваемых процессов. Критерии формируют (формулируют, вырабатывают) применительно к намеченной цели, задаче, которую предстоит решать при управлении ЖЦ ВВТ. Пока не ясна цель, не поставлена задача, нельзя выбрать критерий [145, 163].

Согласно [163], для выделения рационально функционирующей системы из множества объектов обычно используются понятия: «операция», «цель», «задача», «результат», для ее военно-экономического анализа – понятия «ресурс», «эффект», «эффективность». Таким образом, эффективность управления ЖЦ ВВТ может быть

определена как совокупность операционных свойств СУ ПЖЦ, т. е. комплексное свойство, характеризующее ее способность к достижению цели.

В этом случае оценивание эффективности управления ЖЦ ВВТ производится по показателям операционных свойств, к которым относятся результативность, ресурсоемкость и оперативность. Результативность (ε) – это способность операции обеспечить результат, ради которого она проводится. Ресурсоемкость (C) характеризует объем ресурсов, привлекаемых для проведения операции (в денежном выражении). Оперативность (T) – это расход времени, требуемый для достижения цели операции (длительность выполнения комплекса мероприятий). Комплексным показателем исхода операции, таким образом, является вектор $W^{\text{исх}} = \langle W_\varepsilon, W_C, W_T \rangle$, компонентами которого являются показатели операционных свойств СУ ПЖЦ.

Тогда, с учетом специфики рассматриваемого вопроса под эффективностью полного ЖЦ ВВТ понимается Под $\theta(W)$ эффективностью управления полным ЖЦ ВВТ понимается комплексное свойство СУ ПЖЦ, характеризующее ε степень выполнения требований заказчика в условиях заданных $C_{\text{зад}}$ стоимостных и $T_{\text{зад}}$ временных ограничений.

Показатель позволяет оценить состояние процесса управления ЖЦ ВВТ и сравнить соответствие значений параметров ВВТ и его ЖЦ требуемым на протяжении всех стадий. В свою очередь, критерий представляет собой признак, на основании которого производится оценивание эффективности рассматриваемых процессов. Процесс выбора критериев эффективности управления ЖЦ ВВТ, как сложен и в значительной мере носит субъективный характер. Для формирования критерия эффективности, прежде всего, необходимо определить генеральную цель функционирования системы, затем – найти множество управляемых и неуправляемых характеристик системы, реализующих операцию.

Математическим выражением критерия эффективности считается целевая функция, экстремум которой является отображением цели функционирования СУ ПЖЦ. Поэтому применительно к управлению ЖЦ ВВТ математические модели оптимизации представлена выражениями

$$\varepsilon(W) \geq \varepsilon_d \text{ при ограничении } C \rightarrow \min, T \leq T_{\text{зад}} \quad (37)$$

$$\varepsilon(W) \rightarrow \max \text{ при ограничении } C \leq C_{\text{зад}}, T \leq T_{\text{зад}} \quad (38)$$

В зависимости от условий функционирования СУ ПЖЦ, выполняемые в ней конкретные операции могут быть: детерминированными (когда показатели исхода операции отражают один строго определенный ее исход); вероятностными (когда показатели исхода операции являются дискретными или непрерывными случайными величинами с известными законами распределения); неопределенными (если показатели исхода операции являются дискретными или непрерывными случайными величинами, законы распределения которых неизвестны).

Допустимым вариантом облика СУ ПЖЦ, может считаться такой ее вариант, обеспечивающий значения множества параметров ВВТ и его ЖЦ принадлежащие области адекватности (требуемые значения) с радиусом δ , определяемый как модуль нормированной разности обобщенных параметров Q_d и Q_i

$$\delta \subseteq |Q_d - Q_i| / |Q_i|. \quad (39)$$

Процедура оценивания эффективности управления ПЖЦ ВВТ может выполняться с использованием критериев, относящихся к одному из двух классов: пригодности ($K_{\text{приг}}$), оптимальности ($K_{\text{опт}}$), причем формально $K_{\text{опт}} \subset K_{\text{приг}}$. Исходя из этого, критерии оценки операций различного рода могут быть выражены следующим образом:

критерий пригодности определяет, что операция считается эффективной, когда все частные показатели ее исхода принадлежат области адекватности

$$K_{\text{приг}}: (\forall Q_i)(W \in \delta | \delta_i \rightarrow Q_d, i \in \langle \varepsilon, C, T \rangle); \quad (40)$$

критерий оптимальности определяет, что операция считается эффективной, если все частные показатели ее исхода принадлежат области адекватности, а радиус области адекватности по этим показателям оптимален

$$K_{\text{опт}}: (\exists Q_i)(W \in \delta | \delta_i \rightarrow \delta_{\text{опт}}, i \in \langle \varepsilon, C, T \rangle). \quad (41)$$

Целью данного параграфа явилось формирование единого концептуального подхода, который бы содержал порядок, показатели и критерии эффективности управления полным ЖЦ ВВТ, а также ряд особенностей, характеризующих данный процесс.

В ходе разработки метода обоснования облика была установлена цель системы, заключающая в обеспечении требуемых параметров ВВТ и его ЖЦ. Для достижения цели и успешного решения возложенных задач в СУ ПЖЦ входят самостоятельные элементы, представляющие собой совокупность взаимосвязанных ОУ заказчика и аппарата Главного конструктора, объединенных единством цели.

Принятие решений должно осуществляться с учетом текущей ситуации оценивания [2, 3, 4, 195], формирующей всю последующую стратегию оценивания эффективности управления ЖЦ ВВТ. Это позволяет сформировать достаточную информацию о свойствах, подлежащих дальнейшему рассмотрению. Наиболее важными ее аспектами являются:

этап жизненного цикла ВВТ. В контексте полного ЖЦ наиболее полное и всестороннее оценивание качества обеспечивается тогда, когда учитываются все свойства ВВТ, проявляющиеся на всех этапах его ЖЦ. Однако, учитывая специфику изделий ВВТ, рядом этапов ЖЦ возможно пренебречь. Например, этапами снятия с эксплуатации, списания и утилизации. Такой подход в полной мере оправдывает себя применительно к средствам поражения, ЖЦ которых, как правило, заканчивается этапом использования по назначению. Разумеется, этапом утилизации специальных изделий ВВТ пренебречь ни в коей мере нельзя, поскольку на данном отрезке ЖЦ появляется необходимость в дополнительных

затратах сил и средств на ликвидацию данных объектов, но данный аспект остается за рамками проводимого исследования;

модернизационный потенциал. Учитывая высокую стоимость создания и длительность ЖЦ ВВТ, которая может достигать порядка 50 лет (по опыту ВВТ 9К79), особую важность приобретает достигнутый уровень модернизационного потенциала. Как правило, модернизация ВВТ осуществляется путем совершенствования средств поражения, что позволяет на определенном временном отрезке сохранять паритет ТУ ВВТ с зарубежными аналогами. Достаточно показательным является пример американской ракеты Tomahawk, с которой в период с 1986 года по 2018 год было осуществлено более 6 модернизаций, предназначенных для подводного, надводного, сухопутного и воздушного базирования. Несмотря на то, что ее ТУ по некоторым характеристикам значительно уступает отечественным аналогам, обеспечивающие системы (целеуказание и т.п.), а также стоимостные характеристики и массовость производства позволяют восполнить данные недостатки и обеспечить требуемую боевую эффективность применения [40].

Таким образом, учет возможности будущей модернизации при оценивании эффективности управления ЖЦ ВВТ позволяет оптимизировать характеристики ВВТ и избежать значительных финансовых потерь;

моральное и физическое старение. Физическое старение обусловлено деградационными процессами, происходящими в любом техническом изделии, которые приводят к возникновению неисправностей и отказов. Их устранение осуществляется при помощи процедур технического обслуживания и ремонта. Сроки, объемы и порядок проведения данных мероприятий регламентированы эксплуатационной и ремонтной документацией и также обеспечиваются программой обеспечения надежности.

Моральное старение ВВТ не является столь тривиальным и обусловлено действием множества неуправляемых факторов, которые определяют продолжительность ЖЦ. Данные факторы классифицируются на две группы. К первой следует отнести военные факторы (ТУ систем противоракетной обороны

(ПРО), формы и методы ведения вооруженной борьбы), которые по своей роли во многом являются определяющими. Ко второй относятся технические факторы (ТУ зарубежных аналогов ВВТ, техническая новизна, сложность и надежность ВВТ). Исходя из этого, важно обеспечить получение достоверной прогнозной оценки значений технического уровня, что позволит более обоснованно принимать решения по результатам этапов ЖЦ;

потребитель. Для ВВТ фактически существует несколько самостоятельных групп потребителей: личный состав расчетов и подразделений непосредственно его эксплуатирующих; специалисты войсковых ремонтных органов, представители сервисных и ремонтных бригад предприятий промышленности. Причем требования, предъявляемые к ВВТ каждой из этих групп, во многом не совпадают, также могут не совпадать требования внутри каждой подгруппы (например, для расчетов СПУ требования эргономики оказываются более важными, чем для офицеров управления РБр). Следовательно, от того с чьих позиций производится оценивание оказывает существенное влияние на получаемые оценки.

Далее последовательно будет рассмотрена эффективность полного ЖЦ ВВТ с позиций квалиметрии.

Положение 1. Методологическую основу оценивания эффективности управления ЖЦ ВВТ составляет применение военно-экономических показателей и индексов, соизмеряющих военно-технические показатели сравниваемого ВВТ или динамику их изменения по отношению к выбранной базе сравнения. В качестве базы сравнения может быть принят наилучший в настоящий или некоторый прошлый момент времени отечественный или зарубежный ВВТ, а также перспективный аналог, определяющий уровень наивысших мировых достижений в будущем.

Методическим принципом оценивания технико-экономических характеристик является применение обобщающих относительных показателей и индексов, позволяющих получить количественную оценку в случаях, когда у сравниваемых объектов одни показатели лучше, а другие хуже. Реализация данного принципа связана с поиском методов оценивания с позиций ряда требований,

вытекающих из задач управления ЖЦ ВВТ:

1-е требование – методологическое единство подходов к оцениванию технико-экономических характеристик и выбору критериев оптимальности технико-экономических решений;

2-е требование – сопоставимость результатов оценки военно-технического уровня с экономической оценкой результатов реализации процессов ЖЦ ВВТ, взаимосвязь военно-технического уровня и экономических показателей, возможность использования их для оценивания эффективности;

3-е требование – возможность получения обобщенной оценки для группы изделий, пригодность для проведения сравнительного анализа результатов реализации процессов ЖЦ.

Положение 2. Направленность развития ВВТ зависит от двух групп факторов, обуславливающих развитие техники и технологий.

Первая группа – это непрерывно возрастающие требования по повышению боевых возможностей и качества ВВТ.

Вторая группа – это достигнутый на данном этапе развития уровень научно-технических знаний, целесообразность и военно-экономическая осуществимость создания нового или модернизации существующего ВВТ.

Положение 3. Развитие ВВТ, выступающее как основной фактор развития техники и технологии, вместе с тем является и фактором ускорения их морального старения. Это значит, чем выше военно-технический уровень создаваемого ВВТ, тем продолжительнее период его эффективного использования. С другой стороны, чем выше темпы развития ВВТ, тем быстрее стареет существующий ВВТ и тем интенсивнее темпы его обновления.

Взаимосвязь развития ВВТ, военно-технического уровня и эффективности определяет методологию динамической оценки военно-технического уровня.

Положение 4. Реализация концепции динамической оценки военно-технического уровня, что означает соединение оценочной и прогностической деятельности.

Оценка военно-технического уровня на стадиях жизненного цикла выступает

как методология анализа тенденций и прогнозирования развития техники и технологии. Динамическая оценка военно-технического уровня должна использоваться в процессе технико-экономического обоснования проекта по созданию и эксплуатации образца ВВТ.

Положение 5. Приоритет удовлетворения потребностей заказчика.

Принцип целевого подхода при управлении ЖЦ ВВТ, устанавливающего приоритет удовлетворения потребностей заказчика, так как именно на него направлен получаемый полезный эффект. Решение частных задач по управлению ЖЦ ВВТ, должно находиться в соответствии с интересами (целями) более общих задач, задач высшего уровня, а любой ОБУ, относительно которого должно быть принято решение, рассматривается как часть целого, как элемент системы. Этот принцип, по существу, реализует требование системного подхода.

Вместе с тем, представляется целесообразным для каждого этапа ЖЦ ВВТ, по которому предполагается принятие решения относительно варианта продолжения ЖЦ, разрабатывать отдельную частную модель либо методику.

При проведении оценивания возможно, получить как ее численное выражение, так и качественное суждение для трудно формализуемых параметров (например, эргономических и т.п.). Важным при оценивании является формирование шкалы, позволяющей получить адекватные оценки, с одной стороны, и сравнить как качественные, так и количественные характеристики, с другой [153]. При измерении характеристик наибольшее распространение получили метрические, порядковые и номинальные шкалы. Среди метрических шкал выделяют абсолютные шкалы, шкалы отношений и интервальные шкалы.

Шкалу интервалов применяют для отображения различия между свойствами объектов. Эта шкала может иметь произвольные точки отсчета и масштаб. Множество допустимых преобразований показателя, имеющего шкалу интервалов, состоит только из всех линейных функций вида

$$y = ax + b, \quad a > 0, \quad (42)$$

где b – произвольное число, т. е. $f = \{y = ax + b\}$.

Шкала интервалов для пяти показателей, образующих ранжированный ряд $Q_1 < Q_2 < Q_3 < Q_4 < Q_5$, имеет вид, представленный на рисунке 35.

Следовательно, шкала интервалов единственна с точностью до линейного преобразования. Конкретное измерение показателя в шкале интервалов осуществляется при фиксированных величинах a (масштаб, задающий единицу измерения) и b (начало отсчета). Основным свойством шкалы интервалов, определяющим ее название, является сохранение отношения интервалов при допустимом преобразовании шкалы. В этой шкале отношение разности чисел в двух числовых системах определяется масштабом измерения.

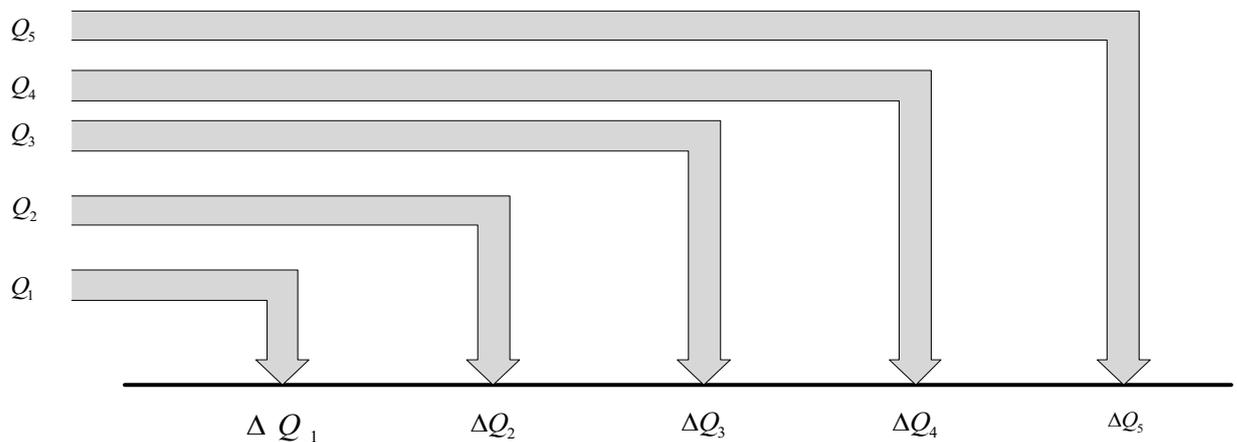


Рисунок 35 – Шкала интервалов для пяти показателей

Источник: составлено авторами.

В шкале отношений определяется (отсчитывается) численное значение измеряемой величины N как математическое отношение определенного показателя Q_i к другому показателю Q_j .

Величина Q выступает в качестве единицы измерения, так как число N показывает, сколько величин Q_j укладывается в величине Q_i . При необходимости соблюдения единства (тождественности, одинаковости) измерений в качестве Q_j используют базовую (эталонную) единицу измерения $[Q]$.

Абсолютная шкала – самая совершенная. В этой шкале принимается нулевая точка отсчета ($b = 0$) и единичный масштаб ($a = 1$). Для абсолютной шкалы соответствующее множество f допустимых преобразований состоит всего из одного элемента, представляющего собой тождественное преобразование, т. е. $f = \{y \equiv j(y)\}$.

Это означает, что существует одно и только одно отображение объектов в числовую систему. Отсюда следует и название шкалы, так как для нее единственность отображения понимается в буквальном, абсолютном смысле.

Примером абсолютных шкал для жизненного цикла являются шкала значений массы, геометрических размеров и др.

С точки зрения шкал измерения, количественные и качественные характеристики можно определить следующим образом.

Количественными показателями называют такие показатели, которые имеют шкалу не менее совершенную, чем интервальная.

Качественными показателями называются такие показатели, которые имеют шкалу менее совершенную, чем интервальная.

Выбор той или иной шкалы для измерения определяется характером отношений между объектами эмпирической системы, наличием информации и целями исследования. Применение количественных шкал требует значительно более полной информации об образцах по сравнению с применением качественных шкал, а получение такой информации связано с затратами времени и ресурсов. Поэтому, прежде всего, необходимо обращать внимание на правильное согласование выбираемой шкалы с целью исследования.

Характеристики интегральных свойств образца представляют собой свертку того или иного набора оценок как > 1 абсолютных, так и интервальных, т.е., по сути, так же являются интервальными. Сравнение интервальных оценок не дает абсолютного, с точки зрения шкалы, результата.

В этом случае для получения корректных оценок необходимо использовать метод, позволяющий производить сравнение по совокупности абсолютных значений характеристик нижнего уровня, но при этом итогом оценки должна быть

интегральная характеристика, которая даст однозначный численный ответ, например, чей технический уровень выше. Представляется целесообразным остановиться именно на шкале отношений при принятии решений на ранних этапах ЖЦ ВВТ.

Таким образом, предложенные показатели, критерии эффективности и шкала оценивания эффективности управления полным ЖЦ и общие подходы к оцениванию военно-экономической эффективности позволяют сформировать единый подход к распределению ресурсов, выделяемых на его создание, эксплуатацию и ремонт ВВТ.

4.2 Методика оценивания технико-экономических характеристик вооружения и военной техники

Принятию тех или иных решений на этапах ЖЦ ВВТ предшествует соответствующее обоснование, содержащее технический и экономический аспект. Особую важность при этом приобретает получение интегральной количественной оценки, отражающей уровень совершенства изделия ВВТ и позволяющей провести его сопоставление с аналогичными показателями изделий других ВВТ [157]. Такая оценка выражается соотношением затрат в течение полного ЖЦ ВВТ и достигнутого значения военно-технического уровня изделия.

Расчеты проводятся на основе эталонной модели, которая представляет, как правило, не существующее идеальное изделие, характеристики которого выбираются как наилучшие среди реальных изделий. Таким образом, эталонная модель имеет максимальную степень соответствия характеристик требованиям заказчика. Техничко-экономическое оценивание исследуемого изделия рассчитывается относительно данного эталона.

Содержание методики представлено на рисунке 36, на котором показаны используемые исходные данные и порядок их преобразования в процессе расчета технико-экономических характеристик (нумерованные стрелки 1 – 7).

В качестве исходных данных для расчета используются два информационных массива.

Массив технических характеристик содержит показатели назначения, надежности, транспортабельности, живучести и другие по всем исследуемым изделиям. Эти значения образуют матрицу

$$X = (x_{ij}), \quad (43)$$

где $i = 1 \dots n$ – порядковый номер изделия;

$j = 1 \dots m$ – порядковый номер характеристики.

Коэффициенты зависимости показывают, как влияет увеличение значения какой-либо характеристики на ВТУ изделия:

$d_j = +1$ – при увеличении j -й характеристики ВТУ растет;

$d_j = -1$ – при увеличении j -й характеристики ВТУ снижается.

Весовые коэффициенты w_m вводятся для получения оценок важности характеристик с точки зрения заказчика. Их значения определяются экспертно, при этом должно выполняться нормировочное условие

$$\sum_{i=1} w_m = 1. \quad (44)$$

Массив экономических характеристик содержит основные показатели затрат на ЖЦ изделия, которые включают весь комплекс затрат в денежном выражении, связанный с его разработкой, производством, приобретением, поставкой, эксплуатацией и снятием с вооружения.

Затраты на создание изделия включают в себя расходы на проведение НИР, ОКР, создание опытных образцов, серийное производство.

Затраты на приобретение включают закупочную цену, затраты на транспортировку изделий от предприятий изготовителей до войсковых частей, складов и баз потребителей, затраты на средства обслуживания и эксплуатации, на обучение эксплуатирующего и обслуживающего персонала.

Затраты на эксплуатацию включают расходы на содержание, хранение, ТОиР, содержание персонала, ЗИП и эксплуатационную документацию.

Ресурс характеризует расчетную длительность штатной эксплуатации изделия, измеряемую в определенных единицах в зависимости от типа изделия (наработка в часах, циклах и т. д.). К этим единицам ресурса приводятся затраты на эксплуатацию изделия.

Расчет показателей технико-экономических характеристик осуществляется поэтапно в соответствии с нумерацией (рисунок 36).

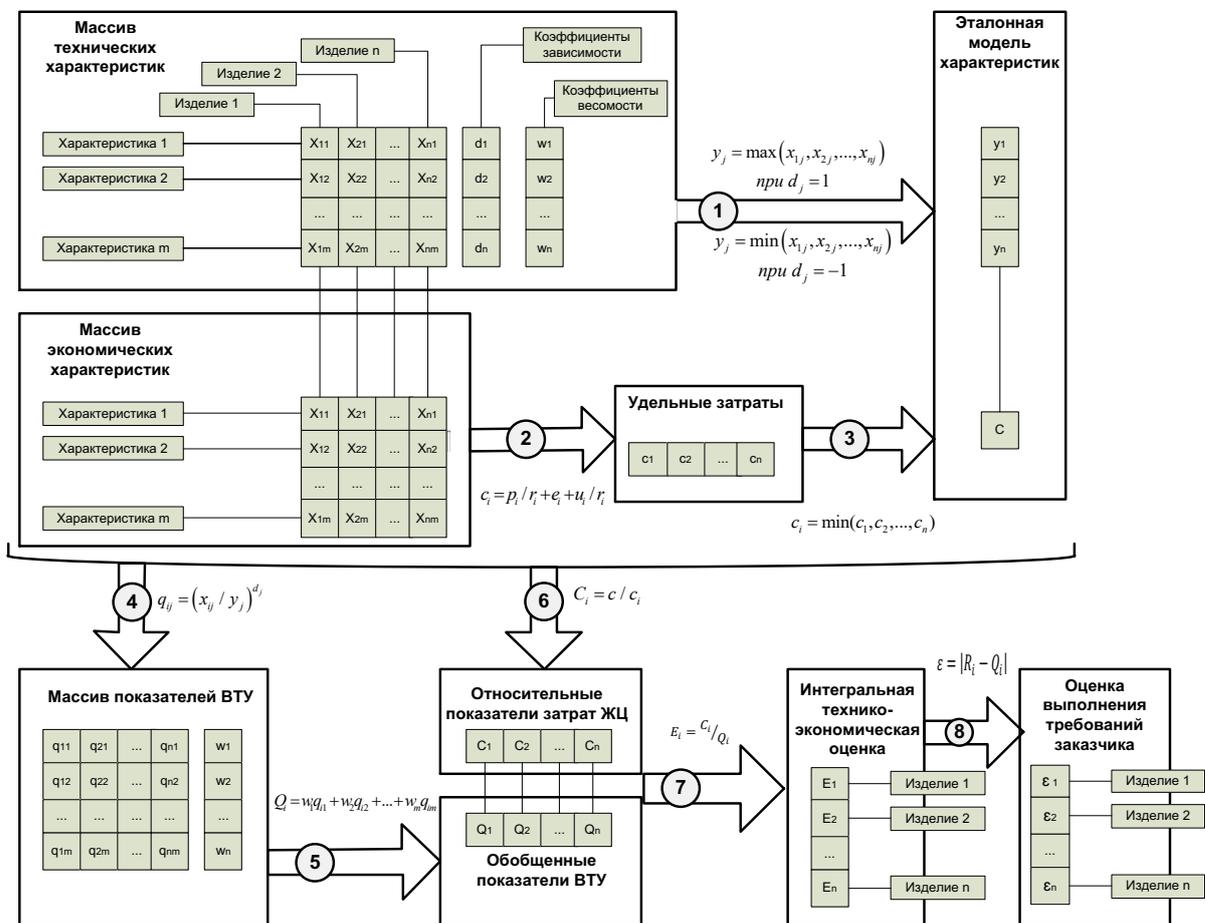


Рисунок 36 – Содержание методики оценивания технико-экономических характеристик ВВТ

Источник: составлено на основании [157].

1. Формируется эталонная модель путем выбора наилучших значений технических характеристик по всем изделиям с учетом коэффициентов зависимости d_j .

2. Рассчитываются удельные затраты заказчика на изделие, приведенные к единице ресурса.

3. В эталонную модель включается минимальный показатель удельных затрат.

4. Формируется массив показателей качества q_{ij} , которые рассчитываются относительно характеристик эталонной модели с учетом коэффициентов зависимости d_j .

5. Рассчитываются интегральные показатели военно-технического уровня исследуемых изделий путем свертки показателей q_{ij} с учетом весовых коэффициентов w_m .

6. Рассчитываются показатели затрат ЖЦ изделий относительно эталонной модели.

7. Рассчитываются интегральные технико-экономические оценки исследуемых изделий.

Для сравнительного анализа изделий могут быть использованы следующие диаграммы.

Диаграмма технико-экономических характеристик позволяет визуализировать результаты оценивания характеристик исследуемых изделий ВВТ и обеспечить их сравнение (рисунок 37). По осям диаграммы откладываются значения нормированные значения показателей q_{ij} . Каждое анализируемое изделие отображается в виде некоторой зоны, при этом близость зоны изделия к границам диаграммы показывает его близость к значениям эталонной модели.

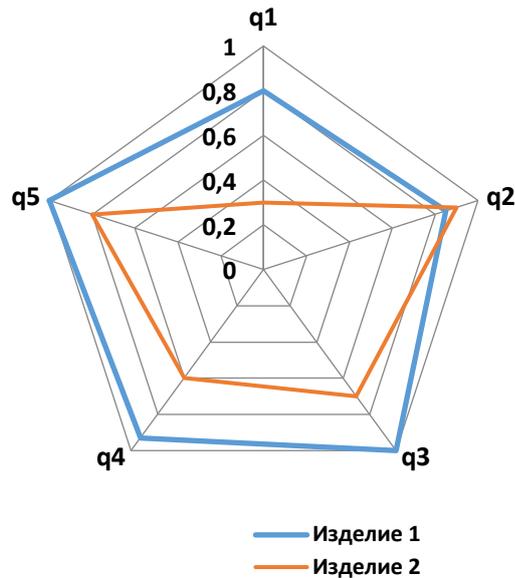


Рисунок 37 – Диаграмма технических характеристик ВВТ

Диаграмма состояния позволяет выявить направления совершенствования технико-экономических характеристик изделий. По осям диаграммы откладываются обобщенные значения ВТУ и относительные показатели затрат ЖЦ, при этом увеличение Q от 0 до 1 означает повышение ВТУ, а увеличение относительных затрат C от 0 до 1 – снижение затрат ЖЦ. Каждое анализируемое изделие представляет собой точку в пространстве координат C и Q и попадает в одну из следующих областей диаграммы (рисунок 38):

A – точка абсолютного совершенства, соответствующая эталонной модели;

K – область удовлетворительных технико-экономических характеристик, в которую попадают изделия, имеющие показатели C и $Q \geq 0,5$;

N – область неудовлетворительных технико-экономических характеристик, в которую попадают изделия, имеющие показатели C и $Q \leq 0,5$;

Kc – область компромиссных экономических характеристик, в которую попадают изделия, обеспечивающие меньшие затраты ЖЦ относительно сравниваемых изделий, но имеющие более низкий военно-технический уровень;

Kq – область компромиссных технических характеристик, в которую попадают изделия с высоким военно-техническим уровнем и высокими затратами ЖЦ.

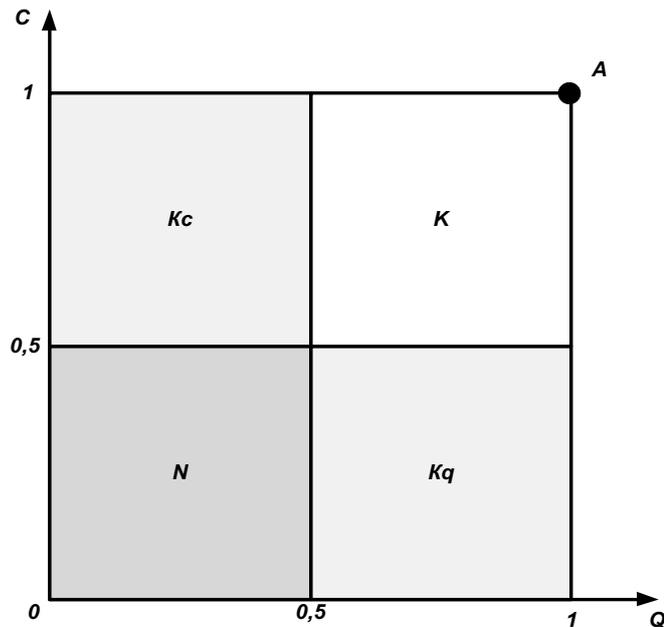


Рисунок 38 – Диаграмма состояния

4.3 Методика прогнозно-аналитического оценивания временных показателей военно-технического уровня вооружения и военной техники

Использование методики оценивания технико-экономических характеристик позволяет установить степень соответствия, создаваемого ВВТ мировому уровню, однако такая оценка статична: она не позволяет судить о том, насколько прогрессивен новый ВВТ, а также определить эффективную продолжительность его производства, экономически целесообразные сроки его обновления и модернизации. Чтобы оценить прогрессивность ВВТ, необходимо учитывать динамику развития техники, что требует применения принципа временной относительности получаемых оценок. Данный подход положен в основу прогнозно-аналитического оценивания ВТУ.

В фундаментальных трудах [146, 147] доказано, что траектория развития параметров ВВТ в пределах одного-двух поколений имеет линейный вид. На таком же интервале времени оценивается динамика развития ВВТ при определении прогрессивности создаваемого ВВТ. Возможность линеаризации траектории

развития ВВТ позволяет применить линейные модели экстраполяционного прогнозирования, требующие минимум информации об объекте [6]. Также допустима линейно-кусочная аппроксимация траектории развития ВВТ.

Исходная информация представлена в следующем виде:

показатели ВТУ наилучших аналогов ВВТ предыдущего поколения $\{q_{\text{пред}}^1, q_{\text{пред}}^2, q_{\text{пред}}^n, t_{\text{пред}}\}$;

показатели ВТУ наилучших аналогов ВВТ на данный момент времени $\{q_{\text{наст}}^1, q_{\text{наст}}^2, q_{\text{наст}}^n, t_{\text{наст}}\}$;

показатели ВТУ перспективного ВВТ $\{q_{\text{пр}}^1, q_{\text{пр}}^2, q_{\text{пр}}^n, t_{\text{пр}}\}$.

Расчетная формула для определения временных показателей ВТУ и прогрессивности разрабатываемого ВВТ будет определена на основе данной информации и исходя из линейной модели прогноза развития ВВТ.

При сравнении научно-технических достижений часто применяют временные шкалы оценивания ТУ. При этом указывают число лет, которое отделяет начало промышленного выпуска, оцениваемого ВВТ от начала выпуска аналога.

В том случае, когда оцениваемый ВВТ имеет ВТУ ниже достигнутого в настоящее время мирового уровня, определяется число лет отставания

$$T_{\text{от}} = t_{\text{наст}} - t_{\text{пр}}, \quad (45)$$

где $t_{\text{пр}}$ – календарный год в прошлом, когда начат промышленный выпуск аналога ВВТ с ВТУ, равным уровню оцениваемого ВВТ.

Если оцениваемый ВВТ имеет ВТУ выше достигнутого в настоящее время мирового уровня, то определяется число лет опережения

$$T_{\text{оп}} = t_{\text{буд}} - t_{\text{наст}}, \quad (46)$$

где $t_{\text{буд}}$ – календарный год в будущем, когда прогнозируется начало промышленного выпуска аналога ВВТ с ВТУ, равным уровню оцениваемого ВВТ.

Для использования временной шкалы оценивания ВТУ разрабатываемого ВВТ необходимо, чтобы выбираемый для сравнения аналог ВВТ имел с ним одинаковые параметры, это обуславливает применение индексного метода для решения задачи получения прогнозно-аналитической оценки ВТУ.

Изменение индексного показателя ВТУ во времени представлено линейной зависимостью

$$J(t) = J(t_{\text{наст}}) + \Delta J(t - t_{\text{наст}}), \quad (47)$$

где $J(t_{\text{наст}})$ – индексное число, соответствующее мировому (базовому) уровню ВВТ в настоящий момент времени;

$\Delta J(t - t_{\text{наст}})$ – средний годовой прирост базового индекса (индексное изменение) за отрезок времени $\Delta t = t - t_{\text{наст}}$.

Эволюционное развитие ВВТ определило собственный инновационный цикл. Среднюю продолжительность этого периода можно установить на основе сменяемости поколений ВВТ в вооруженных силах. Исходя из этого, средний годовой прирост базового индекса $\Delta J_{\text{пр}}$ (среднегодовое индексное изменение) определяется как

$$\Delta J_{\text{пр}} = [J(t_{\text{наст}}) - J(t_{\text{пр}})] / T_{\text{обн.ВВТ}}, \quad (48)$$

где $\Delta J_{\text{пр}}$ – индекс ВТУ наилучшего аналога предшествующего поколения ВВТ;

$T_{\text{обн.ВВТ}}$ – средняя продолжительность обновления в предшествующий период $T_{\text{обн.ВВТ}} = t_{\text{наст}} - t_{\text{пр}}$.

Показатель времени опережения (отставания) ВВТ можно определить из уравнения (46), подставив в него индекс $J(t) = J(t_{\text{разр}})$ [6]

$$T_{\text{оп(от)}} = [J(t_{\text{разр}}) - J(t_{\text{наст}})] / \Delta J_{\text{пр}}, \quad (49)$$

где $J(t_{\text{разр}})$ – индекс ВТУ разрабатываемого ВВТ по отношению к наилучшему мировому аналогу ВВТ на данный момент времени

$$J(t_{\text{пр}}) = 1 + \sum_{i=1}^n (p_{i\text{пр}} - p_{i\text{наст}}) \lambda_i, \quad (46)$$

$$J(t_{\text{разр}}) = 1 + \sum_{i=1}^n (p_{i\text{разр}} - p_{i\text{наст}}) \lambda_i, \quad (50)$$

$$J(t_{\text{буд}}) = 1 + \sum_{i=1}^n (p_{i\text{буд}} - p_{i\text{наст}}) \lambda_i, \quad (51)$$

где λ_i – коэффициент значимости i -го показателя, $\lambda_i = \gamma_i / p_{i\text{наст}}$;

γ_i – коэффициент эластичности, принимаемый 1.

Средний годовой прирост базового индекса за период от $t_{\text{наст}}$ до $t_{\text{буд}}$

$$J(t_{\text{буд}}) = [J(t_{\text{буд}}) - J(t_{\text{наст}})] / (t_{\text{буд}} - t_{\text{наст}}). \quad (52)$$

Сопоставление $\Delta J_{\text{пр}}$ и $\Delta J_{\text{буд}}$ позволяет найти продолжительность обновления в будущем периоде

$$T_{\text{обн.буд}} = T_{\text{обн.ВВТ}} \left(\frac{\Delta J_{\text{пр}}}{\Delta J_{\text{буд}}} \right). \quad (50)$$

Данная зависимость показывает, что если $\Delta J_{\text{буд}} < \Delta J_{\text{пр}}$, то $T_{\text{обн.ВВТ}} > T_{\text{обн.буд}}$, т. е. развитие ВВТ замедляется, а период его обновления увеличивается. И

наоборот, если $\Delta J_{\text{буд}} > \Delta J_{\text{пр}}$, то $T_{\text{обн.ВВТ}} < T_{\text{обн.буд}}$, т. е. ускоряются темпы развития ВВТ и уменьшается период его обновления.

С учетом полученного изменения базового индекса в будущем периоде рассчитывается время опережения (отставания)

$$T_{\text{оп(от)}} = [J(t_{\text{разр}}) - J(t_{\text{наст}})] / \Delta J_{\text{буд}}. \quad (53)$$

Если ВТУ разрабатываемого ВВТ ниже мирового, достигнутого на момент начала его промышленного выпуска, то величины $T_{\text{оп(от)}}$ отрицательная, если выше – положительная. В первом случае это означает, что такой ВТУ определял уровень мировых достижений предшествующего периода, во втором – что он соответствует некоторому моменту в будущем, когда можно предположить появление такой же техники.

Временной показатель ВТУ позволяет судить о соответствии разрабатываемого ВВТ достижениям научно-технического прогресса.

Эффективный срок производства $T_{\text{эф.пр}}$ равен периоду от выпуска изделий ВВТ до снятия их с производства. Продолжительность эффективного производства $T_{\text{эф.пр}}$ конкретного ВВТ зависит от длительности цикла ее обновления, времени опережения (отставания) по ВТУ, продолжительности разработки и определяется как

$$T_{\text{эф.пр}} = T_{\text{обн}} \pm T_{\text{оп(от)}} - T_{\text{разр}}, \quad (54)$$

где $T_{\text{разр}}$ рассчитывается по отношению к планируемому году начала выпуска $t_{\text{вып}}$.

Графическая интерпретация прогнозно-аналитического оценивания ВТУ показана на рисунке 39, на котором представлено два случая: ВТУ разрабатываемого ВВТ превышает мировой уровень J_1 и ниже мирового уровня J_2 .

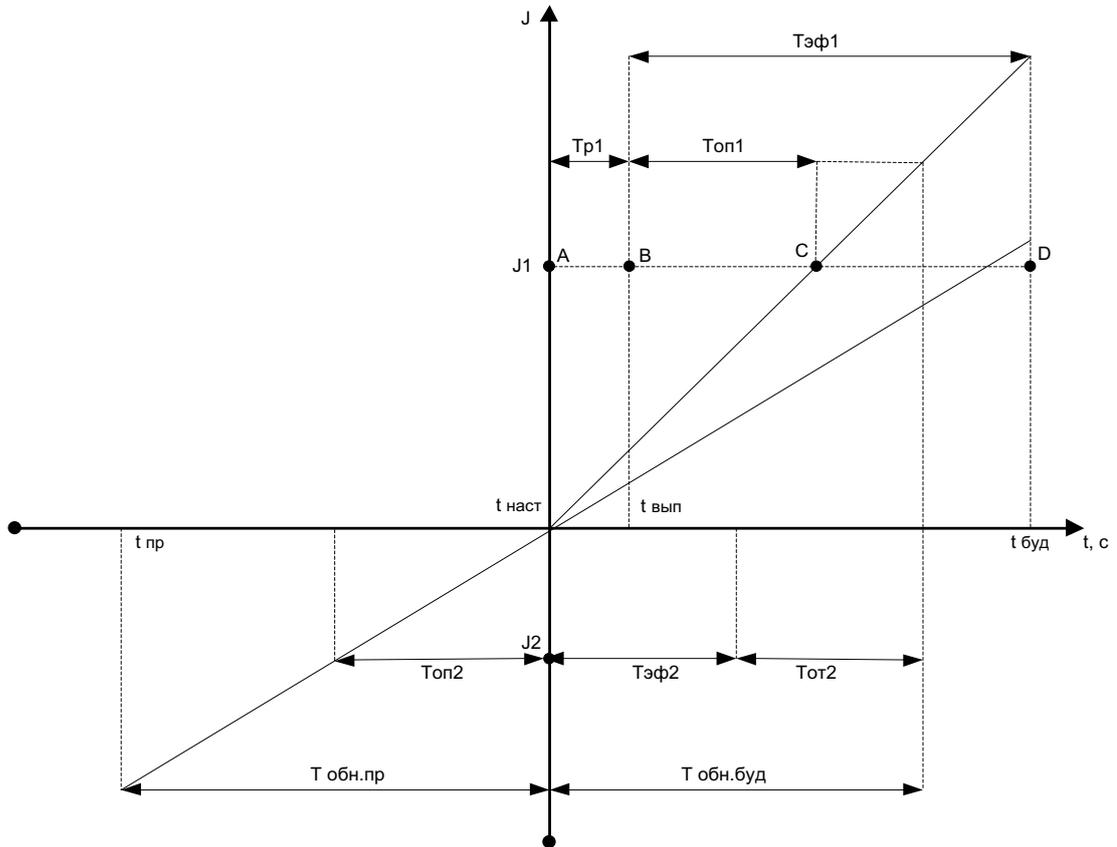


Рисунок 39 – Графическая интерпретация прогнозно-аналитического оценивания военно-технического уровня

Для первого случая время разработки ВВТ $T_{р2}$ определяется отрезком AB , время опережения $T_{оп}$ на момент промышленного выпуска $T_{вып}$ – отрезком BC , срок производства – отрезком CD .

Для второго случая (изделие выпускается в данный момент времени) время отставания $T_{оп2}$. Темпы развития ВВТ выше, чем в прошлом, поэтому на графике период обновления $T_{обн.буд}$ меньше $T_{обн.пр}$. Эффективный срок производства $T_{эф1}$ первого изделия возрастает на $T_{оп1}$ (равен сумме отрезков BC и CD), а $T_{эф2}$ второго изделия уменьшается на $T_{от2}$.

Планируемый срок производства зависит от сложившихся условий, специфики производства и эксплуатации данного ВВТ. В расчете экономической эффективности ВВТ величина $T_{эф}$ позволяет учесть продолжительность его эффективного производства, поскольку она непосредственно связана с ВТУ. Таким

образом, появляется возможность выбора определенной стратегии планирования производства ВВТ.

Значимой динамической характеристикой ВТУ является показатель (коэффициент) технической прогрессивности

$$K_{\text{тп}} = T_{\text{эф}} / T_{\text{обн}}. \quad (55)$$

Коэффициент технической прогрессивности характеризует жизнеспособность ВВТ и соответствует той части периода обновления, в течение которой выпуск ВВТ с тем или иным ВТУ целесообразен. При разработке и постановке на производство нового ВВТ этот показатель должен быть не меньше единицы, т. е. по сути, он представляет собой норматив, в соответствии с которым должно приниматься решение о целесообразности разработки и постановки ВВТ на производство.

Таким образом, реализация принципа временной относительности получаемых оценок в предлагаемой методике позволяет сопоставлять существующие аналоги ВВТ и сформировать комплекс стимулирующих воздействий по стимулированию создания ВВТ, соответствующего современным научно-техническим достижениям.

4.4 Методики оценивания рисков на этапах жизненного цикла вооружения и военной техники

В реализации мероприятий ЖЦ ВВТ СВ заинтересованы две стороны: ОВУ, как заказчик (ВП) и предприятия промышленности, как основные исполнители. Обозначенные участники являются элементами системы военной организации РФ и при функционировании преследуют общую цель, которая состоит в своевременном обеспечении ВС РФ высококачественными образцами ВВТ. Однако на практике большая часть предприятий, являясь коммерческими

организациями, преследует цель, которая состоит в получении прибыли. Поэтому потеря прибыли вследствие нарушения условий контракта по созданию ВВТ будет представлять собой риск исполнителя. В свою очередь, риск заказчика заключается в возможности невыполнения требований, изложенных в ТТЗ к ВВТ, что повлечет недостижение требуемых параметров как ВВТ, так и его ЖЦ.

Первый указанный аспект будет оставлен за рамками настоящего исследования, а оценивание риска будем рассматривать с позиций заказчика, в той связи, что невыполнение требований к ВВТ на протяжении его ЖЦ может привести к снижению уровня боеготовности РБр, а, следовательно, к возможному срыву выполнения поставленных задач или к неправильному расходу средств, выделяемых на техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации.

Весьма целесообразно, прежде чем перейти непосредственно к изложению сущности предлагаемого метода, пояснить значение понятия риска в рассматриваемом аспекте. Под риском заказчика ВВТ будем понимать возможность невыполнения требований ТТЗ исполнителем из-за неопределенностей случайного характера, объективно существующих на этапах и стадиях ЖЦ.

С точки зрения РП риск имеет три составляющие:

собственно, событие, которое может инициировать невыполнение требований заказчика ВВТ;

вероятность наступления такого события;

масштаб отрицательных последствий, которые данное событие может повлечь.

При этом важно, что наличие риска невыполнения требований заказчика совсем не означает, что ЖЦ в целом или его отдельный процесс не реализуем вообще. В этом случае лишь предполагается наличие неблагоприятных условий, не позволяющих выполнить требования заказчика в полном объеме. Поэтому должностные лица ОУ заказчика, выполняющие задачи по управлению ЖЦ ВВТ, обладая соответствующей оценкой риска, имеют возможность принимать более обоснованные решения при управлении ЖЦ, а также заранее спланировать

необходимые меры по уменьшению негативных последствий тех или иных проявлений риска. Своевременная и правильная реализация данных мер способствует снижению уровня рисков до допустимых значений.

В этой связи возможны следующие подходы к управлению риском – *минимизировать вероятность наступления события и/или минимизировать потенциальный (или реальный) ущерб от его наступления*. Четкое представление о том, где находится данный риск (событие) в координатах «вероятность наступления / масштаб последствий» дает возможность оптимизировать с учетом имеющихся ресурсов комбинацию мер по управлению риском в рамках указанных подходов.

Методология управления рисками [86, 87, 88, 89, 130, 162] включает ряд обязательных элементов, среди них: планирование; идентификация; анализ; минимизация и контроль рисков. Отсутствие любого из них не позволяет обеспечить замкнутый контур управления. В этой связи применительно к практике управления ЖЦ ВВТ будет рассмотрено содержание каждого из них:

планирование процесса управления рисками осуществляется на начальной стадии ЖЦ и является необходимым условием для последующей успешной реализации. На основе имеющегося опыта создания и эксплуатации предыдущих образцов ВВТ, определяется порядок управления техническими и финансовыми рисками, порядок их предотвращения и действий в случае наступления непредвиденных обстоятельств. Для достижения этих целей на каждой стадии ЖЦ назначаются ответственные лица и утверждается порядок отчетности.

идентификация источников и причин способствует качественному управлению рисками и включает регулярный обзор, анализ технических характеристик, данных о ресурсах, информацию о стоимости ЖЦ, данных и трендов изменения стоимости, результатов минимизации рисков и другой доступной информации. Основными источниками рисков являются:

- 1) требования заказчика, успешное выполнение которых обеспечивается имеющимися техническими решениями, средствами проектирования, реализуемыми сроками, а также надежностью, ремонтпригодностью и др.

Качественная конфигурация разрабатываемого ВВТ, воплощенная в систему требований, создает возможность прослеживания выполнения требований в произвольный момент времени;

2) испытания опытного образца представляют собой комплексную экспертизу, направленную на определение уровня готовности ВВТ, его возможностей, боевой и эксплуатационной эффективности и соответствия требованиям заказчика. Качество проведения данного этапа во многом определяет последующие риски заказчика;

3) возможности промышленности. При проведении исследований и последующей разработке ВВТ, исходят, как правило, из максимальных мощностей предприятий и не учитывают реальное состояние производственной базы, квалификацию и опыт персонала, что во многом определяет степень реализации характеристик ТУ;

4) материально-техническое обеспечение. Данный источник рисков связан с доступностью ресурсов и обеспечением вспомогательной информацией и характеризует способность конкретной конфигурации ВВТ успешно достигать намеченных контрольных точек;

5) согласованность управления определяет устойчивость реализации планов, характеризуемой ошибками при их составлении, соблюдением намеченных сроков, наложением этапов или процессов ЖЦ и во многом зависит от квалификации управленческого персонала;

6) бюджет характеризуется уровнем соответствия стоимости реализации программы в течение всего ЖЦ ВВТ. Этот показатель зависит от выделяемых финансовых средств и достоверности предусмотренных погрешностей в расчетах оценки стоимости используемых технологий. Принимаемые решения по изменению бюджета, влияющие на финансирование ЖЦ ВВТ, во многом провоцируют возникновение рисков.

Основным методом выявления рисков считается метод декомпозиции, при использовании которого идентификация рисков начинается с разделения их на

области и элементы, учета предшествующего опыта создания и эксплуатации ВВТ. Декомпозиция осуществляется применительно к процессам ЖЦ или ВВТ.

Анализ рисков является базовым этапом, позволяющим сформировать дальнейшее управление рисками. Его суть состоит в исследовании каждого из рисков, с точки зрения вероятности возникновения соответствующего события и его влияния параметры ВВТ и его ЖЦ.

Поэтому одной из задач анализа риска является оценивание вероятности наступления события, связанного с риском, а также оценка возможного ущерба в виде изменения сроков, бюджета и т. п.

Установление вероятности риска и возможных последствий при наступлении рисковомого события, носит весьма субъективный характер и основывается на: экспертных оценках; сравнении с опытом создания и эксплуатации подобных систем; накопленном эмпирическом опыте специалистов по оцениванию риска; результатах испытаний и моделирования.

Результаты оценки риска, как правило, представляются в вероятностном виде и характеризуют степень возможности наступления риска, но в отдельных случаях получаемая оценка может быть представлена в лингвистической форме, например, «низкий» или «высокий» (таблица 12). При присвоении тех или иных значений оценок вероятности, особенно в случае невозможности получения количественных значений, их можно сопровождать более развернутыми комментариями.

В целях визуализации результатов оценивания риска и дальнейшего обоснования решений формируется матрица, состоящая из пяти столбцов (соответствуют шкале частоты появления событий) и пяти строк (соответствуют градациям степени возможного ущерба), на пересечении которых формируется соответствующая интегральная оценка.

Темно-серым цветом выделены высокие и неприемлемые значения риска, наличие которых указывает на отсутствие дальнейшей положительной перспективы у проекта, светло-серым обозначены ничтожные и низкие значения риска, не требующие каких-либо действий со стороны ответственных должностных лиц. В свою очередь, нахождение оценок в серых квадрантах

обуславливает потребность проведения соответствующих мероприятий по снижению риска.

Таблица 12 – Матрица оценки рисков

Частота (баллы)	Степень ущерба				
	Незначительная	Небольшая	Средняя	Значительная	Высокая
Часто (1)	Низкий	Умеренный	Умеренный	Высокий	Неприемлемый
Редко (0,8)	Низкий	Низкий	Умеренный	Умеренный	Неприемлемый
Вероятно (0,6)	Низкий	Низкий	Умеренный	Умеренный	Высокий
Маловероятно (0,4)	Ничтожный	Низкий	Низкий	Умеренный	Высокий
Практически невероятно (0,2)	Ничтожный	Ничтожный	Низкий	Низкий	Умеренный

Источник: разработано на основании анализа [214].

Таким образом, согласно таблице 12 расчет значения вероятности рискового события P можно представить следующим выражением

$$r = P \cdot S, \quad (56)$$

где P – вероятность (частота) возникновения рискового события;

S – математическое ожидание величины ущерба от реализации рискового события.

Исходя из предназначения настоящей методики, при определении уровня последствий рискового события будет рассмотрено его влияние на технические характеристики ВВТ, сроки реализации процессов ЖЦ и финансовые затраты (таблица 12).

Таблица 13 – Определение уровня последствий проявления риска

Степень ущерба	Влияние на технические характеристики ВВТ	Влияние на финансовые затраты
Незначительная	минимально, либо отсутствует	минимально, либо отсутствует
Небольшая	незначительное снижение значений технических характеристик; воздействие на программу минимально, либо отсутствует	рост бюджета программы или стоимости производства более чем на 1 % от выделяемых средств
Средняя	умеренное снижение технических характеристик, которое оказывает незначительное влияние на ход программы	рост бюджета программы или стоимости производства в диапазоне 1 – 5 % от выделяемых средств
Значительная	существенное снижение технических характеристик, ставящее под угрозу реализацию программы	рост бюджета программы или стоимости производства в диапазоне 5 – 10 % от выделяемых средств
Высокая	критическое снижение технических характеристик; не могут быть достигнуты ключевые параметры или минимально допустимые значения технических характеристик; создание угрозы срыва реализации программы	превышены лимиты выделяемых средств более чем на 10 %

Источник: разработано на основании обобщения опыта зарубежных программ приобретения ВВТ [92,137, 188] и материалов собственных мониторинговых исследований [103].

минимизация рисков. На данном этапе производится сопоставление возможностей различных методов воздействия на риск, которое завершается выбором метода минимизации отдельно для каждого риска с учетом его осуществимости и влияния на параметры ВВТ и его ЖЦ.

Учитывая, что все риски не могут быть выявлены одновременно, процесс их идентификации имеет итерационный характер на протяжении всего ЖЦ ВВТ. Удобным инструментом в подобных ситуациях выступает метод дерева событий, позволяющий визуализировать и структурировать сложные проблемы принятия решений в условиях неопределенности и риска (рисунок 40).

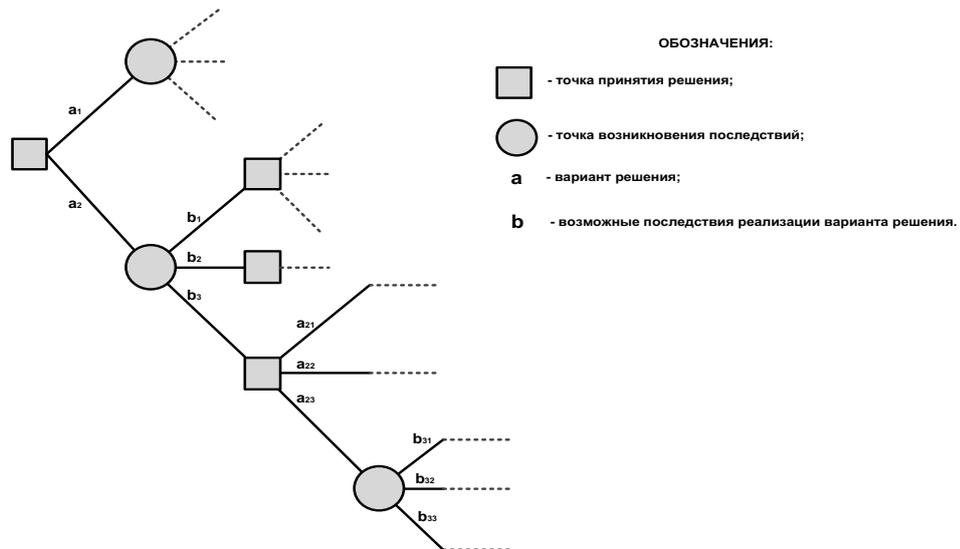


Рисунок 40 – Общий вид дерева событий

Источник: разработано на основании [88, 208].

Опорными элементами метода выступают точки принятия решений и точки возникновения последствий данных решений, их количество не лимитировано, следовательно, количество ветвей на дереве также не ограничено, что весьма удобно при структуризации рискованной ситуации. Из каждой точки принятия решения может исходить ветвь, которая представляет собой возможный вариант действий в данной ситуации, при этом для удобства восприятия информации дается краткое описание сути возможного действия. Согласно принятым альтернативным вариантам решения обозначим на дереве решений возможные действия как d_1 и d_2 , реализация каждого из которых может приводить к возникновению последствий из множества $b_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$. В свою очередь, каждое из возможных вариантов последствий приводит к следующей точке принятия решения. В этом проявляется удобство данного подхода, позволяющего декомпозировать рискованную ситуацию до необходимого уровня детализации, тем самым обеспечить ее тотальный охват и минимизацию ущерба.

4.5 Методика оценки рисков невыполнения требований заказчика на этапах жизненного цикла вооружения и военной техники

При этом важно понимать, что наличие риска невыполнения требований заказчика вовсе не означает, что ЖЦ в целом или его отдельный отрезок не реализуем вообще. В этом случае лишь предполагается наличие неблагоприятных условий, не позволяющих выполнить требования заказчика в полном объеме. Поэтому представитель заказчика, выполняющий задачи по управлению ЖЦ образца ВВТ обладая соответствующей оценкой риска, имеет возможность принимать более обоснованные решения при управлении ЖЦ, а также заранее спланировать необходимые меры по уменьшению негативных последствий тех или иных проявлений риска. Своевременная и правильная реализация данных мер способствует снижению уровня рисков до допустимых значений.

Перейдем непосредственно к изложению сущности предлагаемой идеи. Так, в нормативно-техническом обеспечении системной инженерии [1], регламентирующей содержание процессов ЖЦ систем установлены цели и варианты решений для типовых этапов (таблица 13), т. е. для каждого этапа предполагается 5 допустимых вариантов решений.

Таблица 14 – Этапы, цели и варианты решений

Этап ЖЦ	Цель	Вариант решения
Замысел	определить потребности заказчиков; исследовать концепции; предложить жизнеспособные решения	исполнение следующего этапа; продолжение этапа; переход к предыдущему этапу; задержка в исполнении проекта; остановка проекта
Разработка	уточнить требования к системе; создать проект решения; построить систему; провести верификацию и валидацию системы	
Производство	производство системы; инспектирование и тестирование	
Эксплуатация	использование системы для удовлетворения нужд заказчиков	
Поддержка эксплуатации	обеспечение поддерживаемых системных возможностей	
Снятие с эксплуатации	хранение, архивирование или списание системы	

Источник: составлено Дубовским В. А. на основании [1].

Таким образом, перед заказчиком возникает задача выбора варианта по дальнейшему развитию ЖЦ образца ВВТ, которое как правило сопряжено с принятием ошибочного решения, и может привести к значительным временным задержкам и перерасходу выделяемых ресурсов. Решение данной задачи, представляется возможным осуществить на основе количественных оценок принимаемых решений по выбору дальнейшего варианта развития ЖЦ образца ВВТ.

Ввиду наличия большого числа неопределенностей и факторов, влияющих на реализацию процессов ЖЦ, применение точного математического аппарата будет не совсем целесообразно, так как в ходе осуществления мероприятий по управлению ЖЦ представители заказчика в качестве оценок риска используют лингвистические переменные: «низкий», «средний», «высокий» и т. д.

Обозначим лингвистическую переменную n как «риск принятия решения на этапе ЖЦ», множеством для которой будет являться отрезок $[0, 1]$, а множеством значений переменной n – терм-множество

$$N = \{N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8, N_9\} \quad (57)$$

где N_1 = «чрезвычайно высокий риск»;

N_2 = «очень высокий риск»;

N_3 = «определенно высокий риск»;

N_4 = «повышенный риск»;

N_5 = «средний риск»;

N_6 = «определенно низкий риск»;

N_7 = «низкий риск»;

N_8 = «очень низкий риск»;

N_9 = «незначительный риск».

Данные лингвистические переменные $1, 2, \dots, 9$ преобразуются в соответствующие нечеткие числа $N_i, i = \overline{1, 9}$ с трапециевидными функциями принадлежности вида

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x < a_1; \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq x \leq a_2; \\ \frac{x - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < x < a_4; \\ 0, & \text{если } x > a_4; \end{cases} \quad (58)$$

Заключение о риске решения делается на основании предпринятого действия, направленного на устранение выявленного несоответствия требованиям ТТЗ. При этом действия, направленные на парирование возникающих несоответствий, должны обеспечивать последовательную минимизацию риска принятия решения на этапах ЖЦ образца ВВТ.

На основании [1] были выбраны следующие действия:

X_1 – предупреждающее действие, предпринятое для устранения причины потенциального несоответствия или другой потенциально нежелательной ситуации;

X_2 – корректирующее действие, предпринятое для устранения причины обнаруженного несоответствия или другой нежелательной ситуации;

X_3 – разрешение на использование или выпуск продукции, которая не соответствует установленным требованиям;

X_4 – разрешение на отступление от исходных установленных требований к продукции до ее производства;

X_5 – коррекция, в виде действия предпринятого для устранения обнаруженного несоответствия;

X_6 – утилизация несоответствующей продукции, представляет собой действие в отношении несоответствующей продукции, предпринятое для предотвращения ее первоначального использования;

X_7 – переделка, действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции с тем, чтобы она соответствовала требованиям;

X_8 – снижение градации несоответствующей продукции с тем, чтобы она соответствовала требованиям, отличным от исходным;

X_9 – ремонт, представляющий собой действие, предпринятое в отношении несоответствующей продукции с тем, чтобы сделать ее приемлемой для предполагаемого использования.

Взаимосвязь и последовательность реализации описанных действий в виде дерева событий при невыполнении требований ТТЗ представлена на рисунке 41.

Каждому осуществляемому действию $X_i, i = 1, 2, \dots, 9$ соответствует определенное значение затрачиваемых технико-экономических ресурсов, каждый из которых представлен в виде лингвистической переменной B_i , состоящей из следующих термов:

B_{i1} – «не существенные затраты ресурсов»;

B_{i2} – «низкие затраты ресурсов»;

B_{i3} – «приемлемые затраты ресурсов»;

B_{i4} – «высокие затраты ресурсов»;

B_{i5} – «не приемлемые затраты ресурсов».

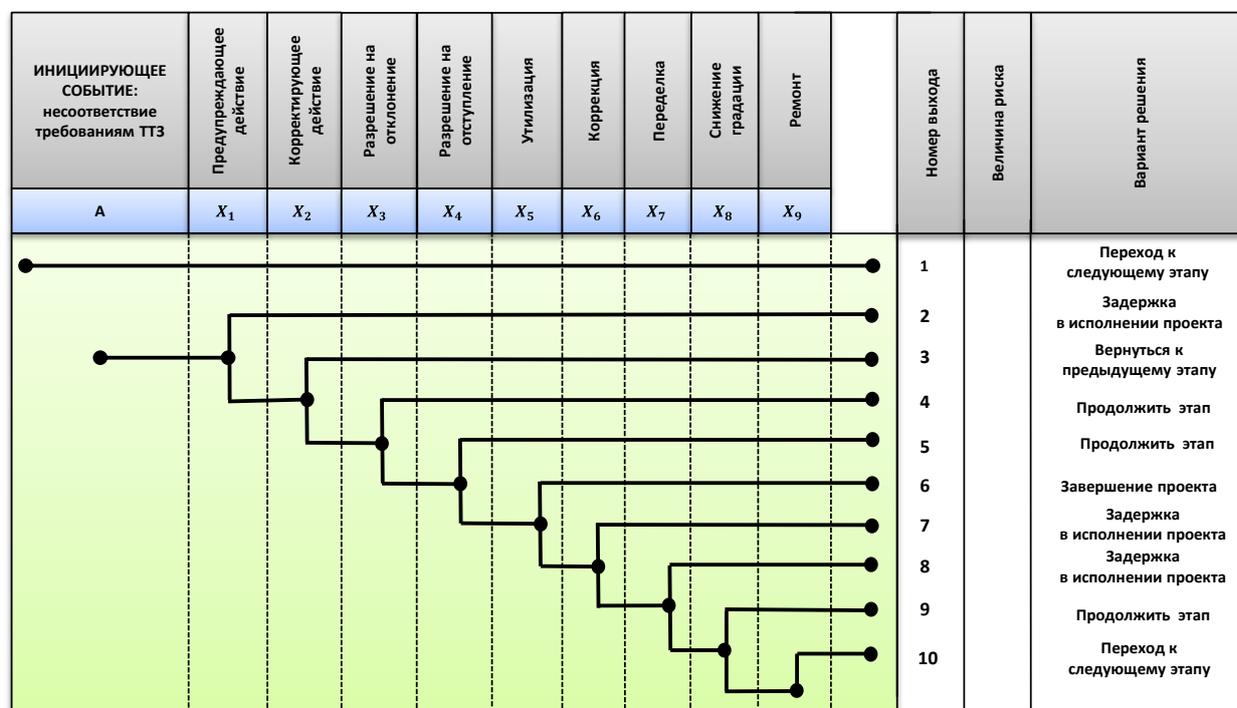


Рисунок 41 – Дерево событий при невыполнении требований ТТЗ

Источник: разработано авторами.

В качестве допущения будет принято, что нечеткое число B_i представленное в виде лингвистической переменной и параметризованное четверкой чисел $x = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ имеет трапециевидную функцию принадлежности.

Определенные экспертные оценки для каждого из термов для удобства свести в таблицу 15, после чего необходимо выполнить переход от технико-экономических показателей $X = (X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9)$ к характеристикам риска невыполнения требований ТТЗ $N = (N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6, N_7, N_8, N_9)$.

Таблица 15 – Экспертные оценки затрат технико-экономических ресурсов (вариант)

Предпр-ое действие	Терм				
	B_{i1}	B_{i2}	B_{i3}	B_{i4}	B_{i5}
X_1	(0;0;1;0.3)	(0;0.1;1;0.5)	(0.2;0;1;0.2)	(0;0.1;1;0.4)	(0;0;1;0.6)
X_2	(0.5;0;0.5;1)	(0.8;0.6;0.7;0.3)	(0.7;0;1;0.1)	(0.4;0.3;0.8;1)	(0.5;0;0.7;0.4)
X_n	(0.9;0.5;0.7;0)	(0.2;0.9;0.4;0.2)	(0.3;0.2;0.7;0.2)	(0.2;0.1;0.6;0.9)	(0.1;0.3;0.5;0.8)
X_9	(0.2;0.3;0;0.6)	(0.8;0.7;0.4;0.6)	(0.4;0.3;0.2;0.6)	(0.2;0.8;0.3;0.8)	(0.4;0.5;0.1;0.3)

Источник: разработано авторами

В целях выработки правил перехода от значений затрачиваемых технико-экономических ресурсов к лингвистическим переменным N_i необходимо провести ранжирование предпринимаемых действий по степени их вклада в уменьшение риска невыполнения требований ТТЗ, т. е. сопоставить каждому действию X_i его вес q_i , определяющий вклад показателя в меру риска невыполнения требований ТТЗ.

В теории полезности установлены следующие подходы для определения приоритетов:

1) в случае если приоритет предпринимаемых действий характеризуется простым линейным соотношением $q_1 \geq q_2 \geq \dots \geq q_n$, в таком случае q_i будет рассчитываться по правилу Фишберна

$$q_i = \frac{2(n - i + 1)}{(n - 1)n}, \quad (59)$$

2) если установлено строгое соотношение порядка $q_1 > q_2 > \dots > q_n$, то для определения веса q_i следует обратиться к зависимости

$$q_i = \frac{n - i + 2}{2^i n}, \quad (60)$$

3) если для величин q_i установлено усиленное линейное отношение порядка $q_i \geq \sum_{j=i+1}^n q_j$, $q = \overline{1, l}$, то для расчета значимости i -го действия рекомендуется пользоваться выражением вида

$$q_i = \frac{2^{n-1}}{2^i - 1}. \quad (61)$$

Далее необходимо определить среднее значение экспертных оценок B_i для каждого варианта предпринимаемого действия X_n

$$\bar{B}_i = \frac{\sum_{i=1}^n B_i}{n}. \quad (62)$$

Согласно [2], правило перехода от технико-экономических характеристик предпринимаемых действий к весам термов лингвистических переменной n при предлагаемой системе весовых показателей производится с помощью зависимости

$$R_k = \sum_{i=1}^9 q_i \mu_{ki}; \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. \quad (63)$$

Определив веса всех термов R_k лингвистической переменной N_i , представляется возможным рассчитать значение переменной n

$$n = \sum_{k=1}^5 R_k n_k; \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (64)$$

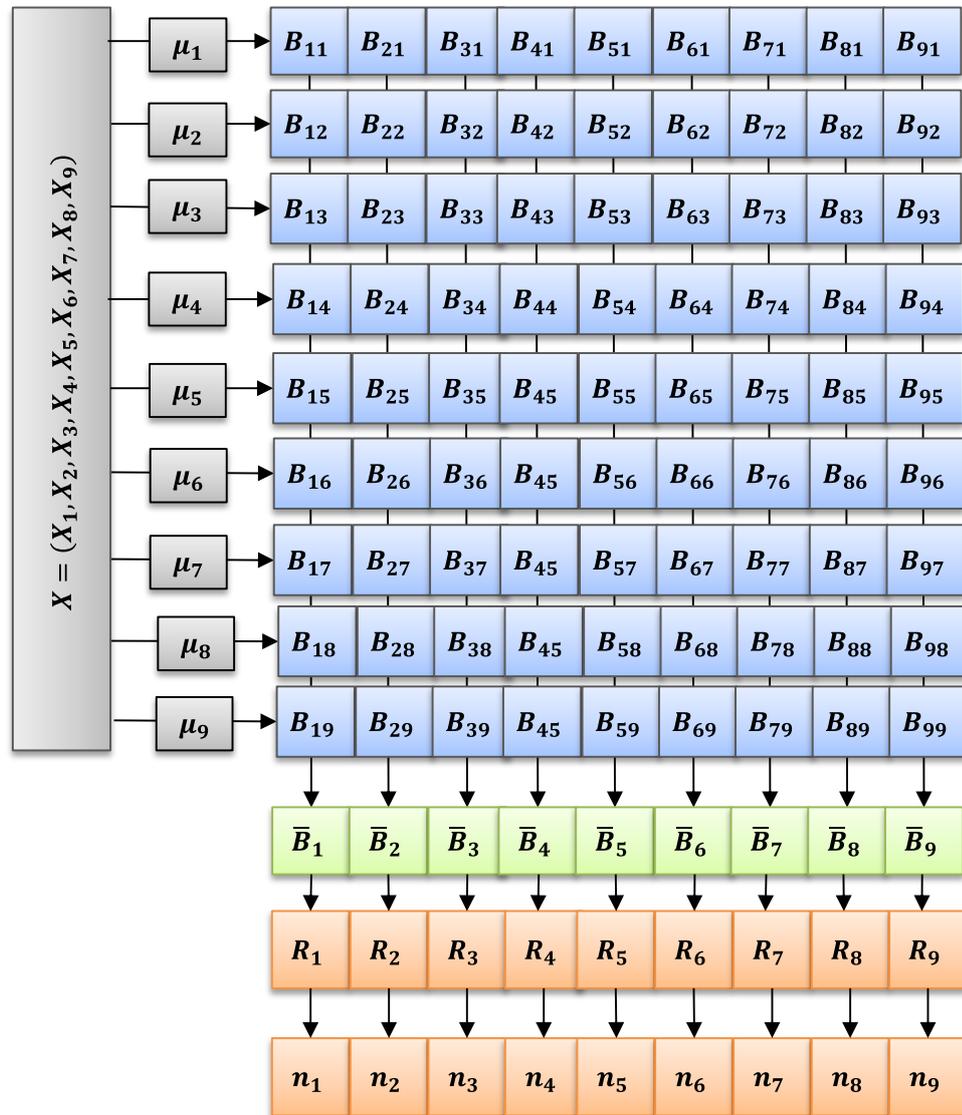


Рисунок 42 – Схема формирования лингвистических оценок риска невыполнения требований ТТЗ

Источник: составлено авторами.

ГЛАВА 5 МОДЕЛИ И МЕТОДИКИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛНЫМ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

5.1 Концептуальная модель управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники по контрольным точкам

Базой для принятия управленческих решений по рациональному использованию ресурсов в ходе ЖЦ ВВТ служит технико-экономический анализ, целями которого является выявление возможных или уже существующих рассогласований между запланированными и фактическими параметрами изделий ВВТ и параметрами их ЖЦ, а также отклонений от хода работ по созданию и эксплуатации ВВТ. В ходе выполнения работ на всех стадиях ЖЦ ВВТ могут возникнуть такие ситуации, когда необходимо провести корректировку или перепланирование количественных и качественных параметров изделий ВВТ и их ЖЦ, т. е. выбрать один из целесообразных вариантов продолжения ЖЦ.

Реализацию инновационных процессов сопровождает высокая степень неопределенности [16, 115], особенно на стадиях исследований и разработок, которая находит отражение в нестабильности прогнозов и планов, их частой корректировке, неточности определенных сроков проведения работ и затрат ресурсов, возникновении новых требований. Зачастую это требует пересмотра уже в ходе проведения работ принятых заданий по составу, содержанию и ресурсному обеспечению ЖЦ ВВТ.

Поэтому основным содержанием технико-экономического анализа в процессе управления ЖЦ ВВТ являются:

- анализ прогнозируемого состояния ОБУ в СУ ПЖЦ;
- определение ожидаемых и фактических результатов;
- оценивание приоритетности и последовательности решения локальных задач;

выявление предпочтительных вариантов направлений усилий и ресурсов на достижение одних и тех же результатов для их улучшения.

Для того чтобы обеспечить своевременное выявление неэффективных работ, необходимо разработать процедуру анализа по определенным временным и контрольным точкам (КТ) ЖЦ ВВТ. Использование регламентированных календарных периодов времени в качестве КТ ЖЦ ВВТ дает возможность ОУ заказчика и другим участникам ЖЦ ВВТ оперативно оценивать ход работы в процессе реализации отдельных составляющих ЖЦ ВВТ, оценить эффективность выполняемых работ на момент анализа и на последующий период.

Сущность управления ЖЦ ВВТ по КТ заключается в установлении на конкретных стадиях и этапах ЖЦ ВВТ типовых КТ, на которых дается оценка эффективности выполненных работ, определяются необходимость и целесообразность продолжения разработки, изготовления или эксплуатации ВВТ.

Количество и расположение КТ в предлагаемой модели (рисунок 43) определялись с учетом важности (приоритета) этапа (стадии) или другого структурного отрезка ЖЦ в формировании, обеспечении, поддержании и использовании качественных и затратных параметров ВВТ. Набор КТ, предлагаемый в модели, выбран исходя из возможности оценивания полученного результата с позиций дальнейшей перспективы продолжения ЖЦ и экономических факторов, при этом основанием для выбора КТ явились следующие обстоятельства:

- 1) наличие четко фиксированного момента достижения определенного технического результата или начала разработки организационно-технических мероприятий, определяющих достижение подобных результатов в последующем;
- 2) определение стадий (этапов, подэтапов) результаты которых решающим образом влияют на формирование или осуществление значительной доли последующих за КТ затрат;

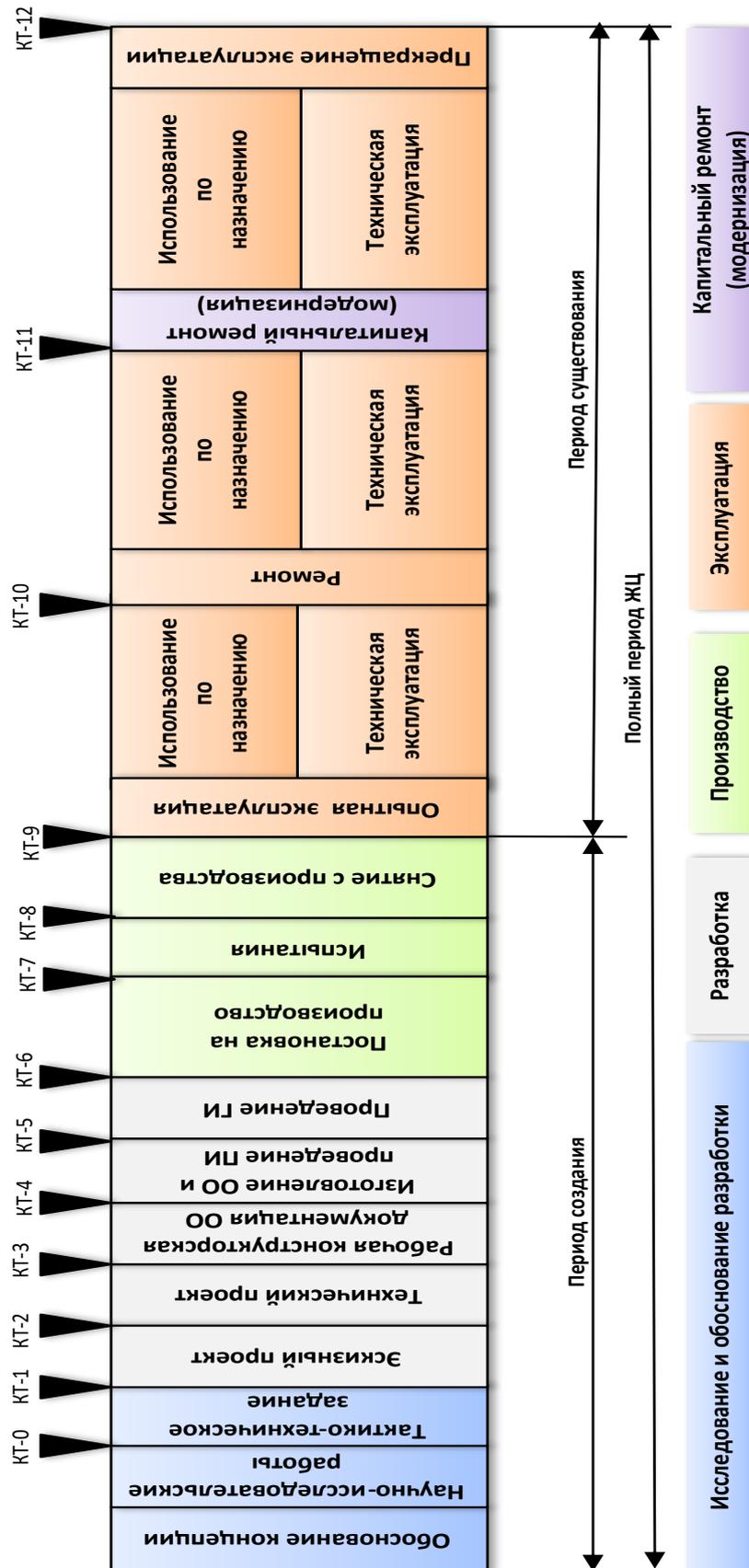


Рисунок 43 – Графический вид модели управления ЖЦ ВВТ по контрольным точкам

Источник: разработано на основании [69, 71, 77, 83, 100].

3) определение КТ, на которых в соответствии с нормативно-технической документацией осуществляются работы по контролю, поддержанию или восстановлению качественных характеристик ВВТ;

4) установление совокупности ситуаций, позволяющих определить временной отрезок ЖЦ ВВТ, на котором произошли качественные изменения, дающие основание для внеплановой (экстренной) переоценки качественных и количественных параметров разрабатываемого, изготавливаемого и производимого ВВТ.

На основании опыта создания и эксплуатации ракетного вооружения общевойскового назначения [5, 69, 82, 83] были установлены следующие временные вехи:

КТ-0. В качестве исходной точки анализа выбран момент завершения НИР, предшествующий этапу разработки ТТЗ ОКР. Проведение НИР предусматривает исследование принципов и путей создания ВВТ, здесь формируется концепция его использования по назначению, поэтому в качестве исходной информации для анализа будут являться полученные результаты НИР, а также ТТЗ на проведение АП и проект ТТЗ на ОКР;

КТ-1. Момент завершения формирования концепции создания ВВТ, которая обобщает результаты проведенных исследований в виде принципов и путей создания нового ВВТ или модернизации существующего, вопросов применения и использования по назначению, моделей и экспериментальных образцов. Их совокупность позволяет принимать более эффективные и обоснованные решения на последующих стадиях ЖЦ, завершается АП и осуществляется утверждение ТТЗ на ОКР;

КТ-2 соотнесена с экспертизой установленных на этапе разработки эскизного проекта принципиальных (конструктивных, схемных) решений, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделий ВВТ;

КТ-3 соответствует завершению работ по этапу разработки ТП, который предусматривает изготовление и испытание макетов, рассмотрение и утверждение проекта, т. е. содержит окончательное техническое решение, дающее полное

представление об устройстве ВВТ и исходных данных для разработки комплекта рабочей документации. На данном этапе производится технико-экономическое обоснование предлагаемых технических решений. Исходной информацией для контрольного анализа служат пояснительная записка, ожидаемые технико-экономические показатели, сведения о технологичности, конкурентоспособности и о потребности в данном ВВТ;

КТ-4. При завершении разработки РКД для изготовления ОО, на момент получения представителем заказчика уведомления установлена точка. В ней определяют степень готовности РКД к изготовлению ОО. Информацией для анализа служат комплект РКД на ОО и его составные части, а также проспекты эксплуатационной документации;

КТ-5 соответствует моменту изготовления ОО и окончанию предварительных испытаний. Данной точке предшествует подготовка опытного производства, разработка технической и эксплуатационной документации, корректировка РКД и ТД на литеру «О» и непосредственно сами предварительные испытания. Соответственно по результатам этого отрезка ЖЦ определяется степень готовности ОО к проведению государственных испытаний (ГосИ).

КТ-6 соответствует окончательному утверждению РКД для организации промышленного производства ВВТ по результатам проведения ГосИ ОО, включая работы по оформлению отчетной документации по ГосИ и корректировке РКД, ТД, ЭД, т. е. на момент завершения разработки научно-технического отчета по ОКР. На данном этапе ЖЦ происходит окончательная отработка изделий и технологического процесса. Здесь формируется трудоемкость, материалоемкость, технологическая себестоимость, проводится технико-экономическое обоснование целесообразности промышленного внедрения нового изделия, расчет цены и экономической эффективности внедрения и эксплуатации нового ВВТ, определяются сроки освоения и предприятие-изготовитель.

Совокупность данных документов и результатов испытаний являются исходной информацией для принятия одного из самых важных управленческих

решений на протяжении ЖЦ о возможности принятия ВВТ на вооружение и соответственно о разворачивании серийного производства для поставки заказчику;

КТ-7 предусмотрена для аттестации освоенных в производстве изделий ВВТ в ходе проведения периодических испытаний с учетом результатов их освоения и эксплуатации, для этого рассматриваются ряд аспектов воспроизводственного процесса, а именно соответствие фактических суммарных затрат плановым и технико-экономических параметров проектным документам;

КТ-8 соответствует моменту определения возможности передачи изделий ВВТ заказчику путем контроля выполнения требований технических условий. Обнаруженные в результате опытной и других видов эксплуатации, а также в ходе проведения авторского надзора отклонения фактических характеристик изделий ВВТ от проектных являются отправным моментом для начала работ по сопровождению типовой конструкции ВВТ и созданию модификаций его изделий;

КТ-9. При наступлении морального устаревания или завершения срока службы выпускаемых изделий ВВТ, определенного в соответствии с нормативно-технической документацией, в которой производятся мероприятия по снятию изделий ВВТ с производства, а также оценивается целесообразность поддержания требуемых значений параметров изделий, снятых с производства, но находящихся в эксплуатации. При этом в качестве критериев для принятия управленческого решения выступают объемы производства, технический уровень и производственные затраты, а также наличие обоснованной потребности заказчика в поддержании боеготового состояния изделий ВВТ;

КТ-10. Результаты мониторинга технического состояния изделий ВВТ, осуществляемого в процессе его эксплуатации, обуславливают необходимость принятия решения по выбору целесообразного варианта устранения выявленных несоответствий;

КТ-11 соотнесена с наступлением срока окончания штатной эксплуатации изделий ВВТ, заданного в технической документации. В ней определяют возможность дальнейшего производства, капитального ремонта (модернизации) и

целесообразность поддержания параметров эксплуатируемых изделий ВВТ, но снятых с производства;

КТ-12. Физический износ или моральное устаревание обуславливает необходимость снятия изделий ВВТ с эксплуатации и передачи его ВВТ на хранение или по линии военно-технического сотрудничества. В данный момент целесообразно установить точку анализа, которая также соответствует моменту окончания программного периода ЖЦ ВВТ, в котором осуществляется оценивание его результатов и принимается решение о его завершении.

В каждой из перечисленных точек возникает задача принятия решения по дальнейшему продолжению ЖЦ [166, 185, 192]. Так, в стандартизированных документах системной инженерии [85], регламентирующей содержание процессов ЖЦ систем, установлены цели и варианты решений для типовых стадий (этапов) (таблица 16), т. е. для каждой стадии (этапа) предполагается 5 альтернативных вариантов решений.

Таблица 16 – Стадии, цели и варианты решений

Стадия ЖЦ	Цель	Вариант решения
Замысел	определить потребности заказчиков; исследовать концепции; предложить жизнеспособные решения	d_1 – исполнение следующего этапа;
Разработка	уточнить требования к системе; создать проект решения; построить систему; провести верификацию и валидацию системы	d_2 – продолжение этапа;
Производство	производство системы; инспектирование и тестирование	d_3 – переход к предыдущему этапу;
Эксплуатация	использование системы для удовлетворения нужд заказчиков	d_4 – задержка в исполнении проекта;
Поддержка эксплуатации	обеспечение поддерживаемых системных возможностей	d_5 – остановка проекта
Снятие с эксплуатации	хранение, архивирование или списание системы	

Источник: составлено на основании [85].

Осуществление выбора, как правило, сопряжено с принятием ошибочного решения и может привести к значительным временным задержкам и перерасходу выделяемых ресурсов. Совершенно очевидно, что в этих условиях должностные лица должны обладать соответствующими количественными оценками каждого альтернативного варианта, полученными по соответствующему методическому обеспечению, разработанного в последующих параграфах настоящего исследования.

5.2 Функциональная модель процессов полного жизненного цикла вооружения и военной техники

В существующих условиях управление процессами создания и эксплуатации ВВТ регламентировано действующим законодательством в области ГОЗ [209, 210], системой стандартов СРПП ВТ [66], ведомственными и директивными документами МО РФ [180], в совокупности устанавливающих ответственность и права участников ЖЦ ВВТ. Рассмотрим один из возможных вариантов процессной структуры облика СУ ПЖЦ, для этого в качестве инструмента будет использована методология функционального моделирования IDEF0, реализованная в программной среде All Fusion [144, 176] и получившая широкую апробацию в различных областях управления сложными проектами, а также метод обоснования облика СУ ПЖЦ, в части касающейся обоснования процессной структуры.

Исходной точкой ЖЦ ВВТ следует считать формирование тактико-технических требований (ТТТ) заказчиком к разрабатываемому ВВТ, которые формируются на основании результатов проведения НИР (рисунок 44).

Тематика НИР определяется исходя из основных направлений развития ВВТ, предложений заказчика, опыта эксплуатации и рекомендаций войск, результатов испытаний и проведенных исследований, которые находят отражение в тематических карточках и справках-обоснованиях.

На основании плана НИР заказчик установленным порядком обрабатывает ТЗ, согласовывает их стоимость и обеспечивает заключение договоров на проведение работ.

В результате данных исследований выявляется целесообразность разработки нового ВВТ или модернизации существующего ВВТ. В ходе выполнения НИР анализируются военно-стратегические и оперативные исходные данные, разведывательная информация о развитии данного вида ВВТ в наиболее ведущих зарубежных странах, главным образом в странах, которые могут стать вероятными противниками, а также возможности науки, техники и промышленности и др.

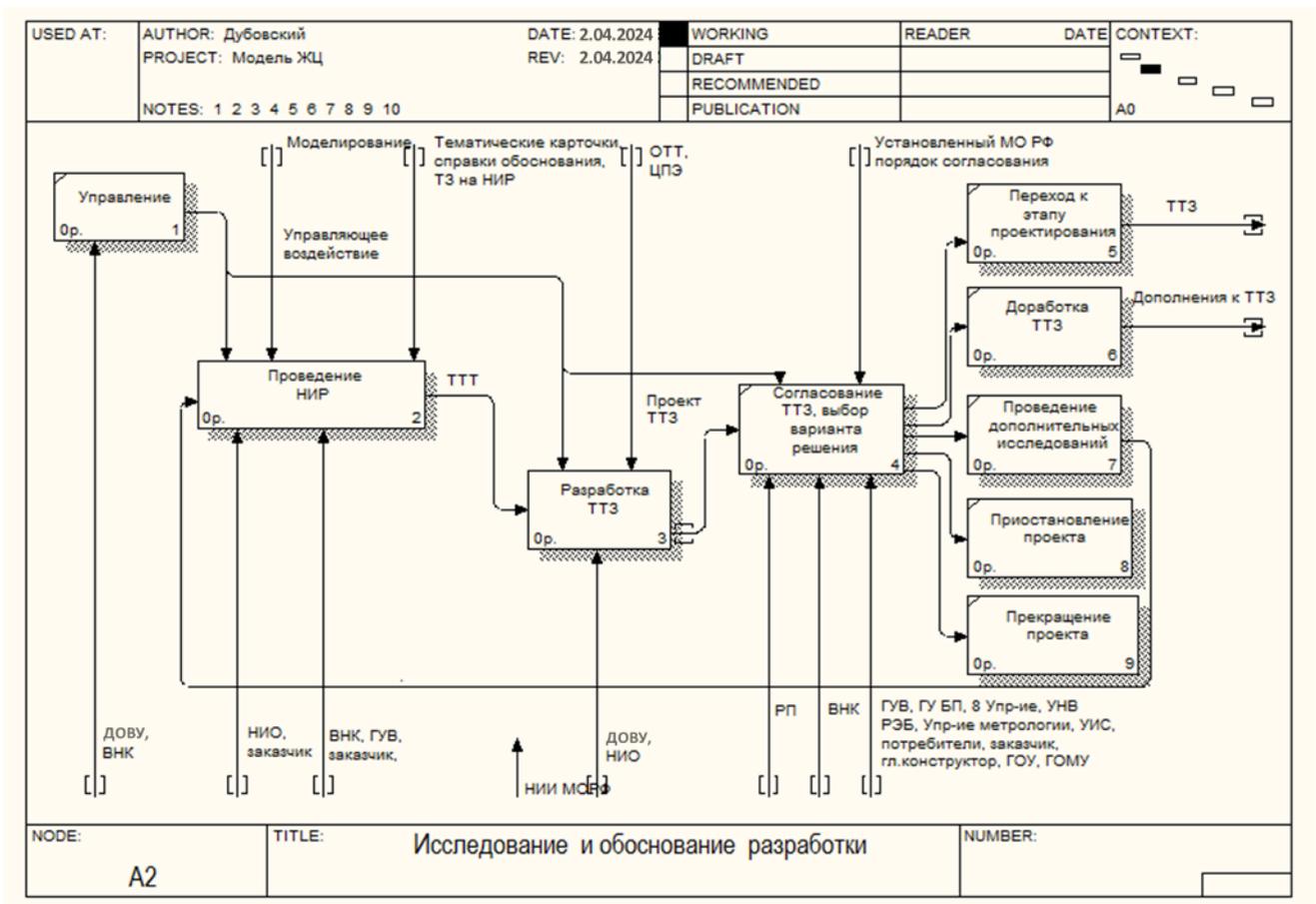


Рисунок 44 – Процессы ЖЦ ВВТ на стадии «Исследование и обоснование разработки»

Источник: разработано на основании использования [69, 110].

В целях установления боевой эффективности разрабатываемого ВВТ на основании общевойскового сценария НИО заказчика проводит комплексное

моделирование его применения, которое позволяет установить значения требуемых характеристик, а также сопоставить их значения с зарубежными аналогами и характеристиками противосистем.

Результаты данных исследований позволяют сделать один из важнейших выводов о целесообразности разработки нового ВВТ, модернизации существующего и разработки ТТТ. Общее руководство выработкой решения в ходе проведения НИР осуществляет заказчик, а подготовку предложений для дальнейшего принятия решений по результатам отдельных этапов и НИР в целом, целесообразности их продолжения осуществляют довольствующий ОВУ и заказчик.

Основанием для разработки нового ВВТ является постановление Правительства Российской Федерации о ГОЗ. Далее Государственный заказчик на основании принятого решения разрабатывает ТТЗ на ВВТ. Указание на разработку ТТЗ дает довольствующий ОВУ, которое совместно с НИО МО РФ разрабатывает его проект. Разработка ТТЗ чрезвычайно важный и ответственный этап создания ВВТ, так как в зависимости от того, насколько обоснованно будет выработано ТТЗ, настолько правильно и своевременно будет разработан ВВТ. Чрезвычайная сложность данного процесса обуславливает проведение дополнительных изысканий и исследований.

При разработке проекта ТТЗ используются общие технические требования (ОТТ) на разработку ВВТ [155] и целевые критерии эффективности. Первые из них являются межведомственным руководящим техническим документом, обязательным для государственного заказчика и разработчика при заказе, проектировании и производстве, испытаниях и приемке опытных образцов, а также при разработке ТТТ, программ испытаний и ТУ, а вторые содержат требуемые значения готовности, стоимость ЖЦ и цены изделий, сроки их создания и основные показатели эксплуатационно-экономической эффективности.

После формирования проекта ТТЗ производится его рассылка и согласование в течение 10 дней со всеми заинтересованными ОВУ и организациями ВС РФ, а также Генеральным конструктором по созданию ВВТ. Далее организуется

утверждение, после чего утвержденное ТТЗ возвращается в ДОВУ и производится его рассылка заказчику и другие заинтересованные ОВУ и организации.

Управление на стадии «Исследование и обоснование разработки» реализуется Государственным заказчиком, функции которого реализуют довольствующий орган и заказчик, а также ВНК, координирующий деятельность заинтересованных ОВУ и организаций ВС РФ на данном этапе. В этой связи вполне вероятно возникновение принципиальных разногласий с генеральным (главным) конструктором по содержанию ТТЗ и порядку его реализации в разработке. Описанная ситуация тесно связана с принципом прослеживаемости требований и может быть инициирована различным пониманием требований, изложенных в ТТЗ, генеральным конструктором и заказчиком.

Данный момент является началом функционирования СУ ПЖЦ. Суть управления в данной КТ состоит в подготовке и количественно-качественном обосновании представителями генерального конструктора необходимости корректировки требований ТТЗ, временных и объемных характеристик процессов ЖЦ ВВТ для принятия решения РП. При этом требования ТТЗ к разрабатываемому ВВТ могут содержать большой перечень позиций, они логически взаимосвязаны и изменение одного повлечет изменение другого. Именно данное обстоятельство обуславливает выработку обоснованных предложений всеми участниками ЖЦ ВВТ и их последующее согласование между собой. Роль РП в этой ситуации сводится к обобщению и проведению оценивания поступивших предложений и выработке окончательного решения по корректировке ТТЗ и порядку его реализации. В зависимости от полученных обоснований, оценок риска и наличия неопределенностей вариантами возможных решений могут быть:

переход к этапу проектирования. Достижение консенсуса между участниками ЖЦ и полного понимания содержания ТТЗ и порядка его реализации;

доработка ТТЗ. Такое решение может быть обусловлено необходимостью проведения незначительных корректировок и доработки содержания ТТЗ в части, касающейся уточнения состава требований и их значений или выработки дополнений к ТТЗ;

проведение дополнительных исследований. Процесс согласования предложений, выдвигаемых представителями генерального конструктора и ОУ заказчика, может повлечь возникновение каких-либо несогласований, требующих более глубокой научной проработки и проведения соответствующих НИР для установления достоверных и обоснованных данных;

приостановка проекта. Речь идет о том, что заложенные требования могут быть не реализуемы в настоящее время по причине отсутствия необходимой производственной и технологической базы, требуемых финансовых ресурсов и материалов и пр. Таким образом, постановка проекта на «паузу» позволит сохранить полученные наработки и реализовать их в среднесрочной или долгосрочной перспективе;

прекращение проекта. Принятие такого решения обусловлено отсутствием технической и экономической возможности реализовать требования ТТЗ даже в долгосрочной перспективе.

Необходимо заметить, что для исследуемого ВВТ головной исполнитель ОКР и производитель ВВТ представлены Головным разработчиком, который в приоритетном порядке реализует управления на стадиях разработки и производства (рисунок 45).

Момент утверждения ТТЗ является началом проектирования ВВТ, который состоит из следующих этапов: разработка технического задания на составные части ВВТ, эскизного и технического проекта, РКД и изготовление опытных образцов ВВТ. Первым этапом проектирования является разработка в соответствии с ТТЗ заказчика технического задания (ТЗ) на составные части (СЧ) ВВТ. Техническое задание представляет собой обязательный документ на разработку СЧ комплекса, выдаваемый генеральным конструктором ВВТ – разработчикам, в который непосредственно входит составная часть. Требования ТЗ на СЧ должны обеспечивать выполнение требований ТТЗ на весь ВВТ в целом и учитывать специфические условия применения составной части в ВВТ.

Органы управления заказчика установленным порядком на основании подготовленных довольствующим ОВУ и заказчиком предложений, дают отзыв на

утвержденного ТТЗ. Он представляет собой совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия и необходимые исходные данные для разработки РКД. Разрабатывается головным разработчиком ВВТ, согласуется с заказчиком ВВТ и представителем заказчика.

При наличии существенных недоработок в виде дефектов, ошибок или при поступлении предложений, головным разработчиком на основании заключения заказчика ВВТ формируется план-график мероприятий по доработке ТП, содержащий конкретные мероприятия, сроки их выполнения и ответственного исполнителя.

На основе утвержденного ТП и в соответствии с требованиями ТТЗ разрабатывается РКД. Цель и содержание данного этапа состоит в разработке комплекта конструкторской документации, достаточной для изготовления и проведения испытаний опытных образцов изделий ВВТ, в т. ч. и специального технологического оборудования, и оснастки, предназначенных для обеспечения эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Утвержденная генеральным конструктором РКД предъявляется на рассмотрение и согласование представителю заказчика при головном исполнителе и при отсутствии недостатков утверждается заказчиком по результатам квалификационных испытаний. При наличии недостатков, требующих проведения доработки, РКД возвращается главному исполнителю ОКР с указанием конкретных замечаний и предложений. На этапе разработки РКД на экспертизу также представляется комплект эксплуатационной документации на предмет установления ее достаточности для обслуживания и эксплуатации изделий ВВТ и оптимального состава процедур для поддержания исправного технического состояния. В этот момент важно обеспечить обоснованность перечня процедур, так как их количество и содержание будет оказывать существенное влияние на объем стоимостных затрат при поддержании готовности. Основанием для завершения данного этапа является наличие РКД, согласованной с ВП.

Роль ОУ заказчика в управлении на данном этапе состоит в регулировании продолжительности временных параметров проводимых работ, а также согласовании, приемке и утверждении работ по разработке РКД.

Далее на основе подготовленного комплекта РКД разработчиком изготавливаются опытные образцы изделий ВВТ и проводятся предварительные и государственные испытания по программам и методикам, разработанным НИО и утвержденные заказчиком. Цель данных мероприятий – определение соответствия изделий требованиям ТТЗ и возможности их предъявления на государственные испытания.

Опытная отработка начинается с заводских испытаний опытных образцов отдельных узлов и подсистем, а затем проводятся испытания образца в целом на государственном полигоне.

Испытания осуществляются в несколько этапов, и после каждого из них устраняются выявленные недостатки, проводится доработка конструкции образцов, вносятся необходимые изменения в конструкторскую и технологическую документацию.

Обнаруженные в результате изготовления и заводских испытаний недостатки в РКД корректируются, после чего им присваивается литера «О». При повторных изготовлениях и испытаниях опытных образцов и корректировках конструкторских документов по результатам межведомственных, государственных, приемочных опытных образцов РКД присваивается литера «О₁». При повторных изготовлениях и испытаниях опытных образцов и корректировке РКД им присваиваются литеры «О₂», «О₃» и т. д. После корректировки РКД по результатам изготовления, испытания установочной серии изделий ВВТ и оснащения технологических процессов РКД присваивается литера «А». Окончательно отработанной РКД по результатам изготовления головной серии образцов присваивается литера «Б».

Общая организация государственных испытаний возлагается на Управление РВиА, которое осуществляет разработку, согласование и представление всех необходимых организационно-распорядительных документов по их проведению,

кроме того, осуществляется подготовка совместно с ГРАУ решения о целесообразности продолжения ОКР.

Важность и сложность задач, стоящих на данном этапе, от качества решения которых во многом определяется последующая эффективность ВВТ и его ЖЦ, обуславливает необходимость создания Государственной комиссии, в состав которой входят представители ГШ, ГУВ, ВНК, ВП, НИО и представителей эксплуатанта. Главным результатом ее работы следует считать установление соответствия, представленного на испытания ВВТ требованиям ТТЗ, а также выявленные несоответствия. Таким образом, комиссией совместно вырабатываются предложения для принятия решения РП о принятии ВВТ на вооружение и последующей постановке его на производство.

Альтернативные варианты решений РП на данном этапе:

принятие ВВТ на вооружение и постановка на серийное производство. При отсутствии рассогласований между характеристиками ВВТ, прошедшего государственные испытания, и требованиями ТТЗ может быть принято решение о целесообразности опережающего развертывания промышленного производства ВВТ до момента окончания ОКР;

принятие ВВТ на вооружение и устранение недостатков. Подобное решение принимается, если характер недостатков по РКД и опытному образцу не противоречит требованиям ТТЗ и позволяет провести их устранение в приемлемые для Управления РВиА сроки;

корректировка РКД и доработка опытного образца ВВТ. Данное решение принимается в том случае, если по результатам государственных испытаний будет установлена необходимость приостановки проекта для существенной корректировки РКД и доработки опытного образца изделий из-за несоответствия требованиям ТТЗ;

остановка испытаний и закрытие проекта. Основой для данного решения является существенные несоответствия характеристик ВВТ, полученных по результатам государственных испытаний требованиям ТТЗ, а также отсутствие возможности их устранения в приемлемых для заказчика сроки.

После принятия ВВТ на вооружение осуществляется утверждение РКД для организации серийного производства. Цель данного этапа состоит в согласовании и утверждении РКД и ее подготовка к сдаче-приемке для дальнейшей реализации результатов ОКР.

Параллельно с утверждением РКД осуществляется комплекс мероприятий, направленных на подготовку системы эксплуатации к эффективному использованию ВВТ по назначению. Он включает в себя разработку обеспечивающих систем, формирование эффективной организационно-штатной эксплуатирующих организаций и подготовку кадров с необходимыми компетенциями.

По результатам государственных испытаний головным исполнителем организуется работа по переработке РКД и опытного образца в соответствии с утвержденным заказчиком планом-графиком работ, по окончании которой комиссионно принимается решение о ее готовности для проведения дальнейшей совместной экспертизы ОУ заказчика. Руководитель проекта через заказчика организует проведение экспертизы с привлечением представителей НИО заказчика, головного исполнителя ОКР и ВП, результатом работы которой является утвержденный РП акт о завершении корректировки РКД и включении разработанного рабочий проект в каталог предметов снабжения ВС РФ. Наличие утвержденного акта является основанием для закрытия данного этапа и ОКР в целом.

Изготовление ВВТ осуществляется с целью производства заданного количества комплектов ВВТ с требуемыми значениями технико-экономических показателей. Оно может продолжаться на протяжении оставшегося периода ЖЦ, в течение которого ВВТ может быть подвергнут модернизации или модификации, что, в свою очередь, потребует параллельной реконфигурации обеспечивающих систем для продолжения экономически эффективной эксплуатации. Управляет данным процессом изготовления сугубо ГИ (рисунок 46).

Принятие решение на постановку на производство ВВТ осуществляется РП на основе проведенных заказчиком и довольствующим ОВУ обоснований, после

государственных испытаниях опытных образцов изделий, проверки разработанного технологического процесса, обеспечивающего стабильность качества изделий, а также для определения готовности производства к выпуску изделий ВВТ в заданном объеме. Военное представительство осуществляет отбор изделий из установочной серии, прошедших соответствующий контроль службами ОТК и ПЗ в объеме приемосдаточных испытаний. Подготовка решения по результатам квалификационных испытаний осуществляется коллегиально с участием представителей головного исполнителя, головного разработчика, заказчика и НИО заказчика.

При положительном решении по результатам квалификационных испытаний конструкторской документации присваивается литера «А» и производится соответствующее документальное оформление. В противном случае после установления причин отрицательных результатов и их устранения квалификационные испытания проводятся повторно. Изделия, выдержавшие испытания, допускаются к серийному производству. Далее проводятся периодические и приемосдаточные испытания в соответствии с требованиями, установленными в технических условиях.

Далее на основании распоряжения руководителя ОВУ представляющего интересы заказчика осуществляется процесс передачи заказчику, целью которого является достижение возможности реализации потенциальных возможностей ВВТ в среде функционирования согласно требованиям ТТЗ. В ходе данного процесса производится комплексование составных частей ВВТ. Руководство данным процессом осуществляет государственная комиссия под руководством должностных лиц заказчика ВВТ.

Массив информации, получаемый по результатам испытаний, авторского и гарантийного надзора, служит основой для управления качеством изделий ВВТ. Данная деятельность ГИ имеет своей целью повышение удовлетворенности заказчика качеством изделий и содержит стандартизированные процедуры оценивания и управления качеством, реализуемые в рамках функционирования системы менеджмента качества предприятий-изготовителей.

Получаемые ПЗ рекламации и бюллетени по изделиям, находящимся в эксплуатации [73], позволяют выявить информацию, необходимую для последующего совершенствования ВВТ путем улучшения ТТЭХ, показателей надежности, а также процессов его разработки, производства и ремонта. Военное представительство посредством обратной связи от заказчика и эксплуатанта осуществляет контроль над выявленными несоответствиями от момента получения до полного завершения процесса управления претензией, при этом производится первоначальное оценивание претензии с точки зрения таких критериев, как важность, безопасность, сложность, возможные последствия, а также должна быть проведена оценка необходимости и возможности проведения немедленных действий по ее парированию.

Процесс улучшения является частью деятельности ГИ в ходе производства, имеющего цель совершенствование ВВТ и процессов его производства на основе обработки претензий. Для этого производится классификация претензий в целях установления характера проблем (систематического, периодически повторяемого или единичного) и определения их основных тенденций и мер по устранению основных причин.

Определение статуса производства составляет суть процесса оценивания, для этого осуществляется его оценивание ПЗ с позиций достижения требуемых технико-экономических характеристик. В случае обнаружения существенных отклонений в затратах, сроках и качестве информация передается ГИ для осуществления адекватных управляющих воздействий.

Исчерпание модернизационного потенциала ВВТ, невозможность обеспечения превосходства над аналогичными зарубежными образцами или сохранения паритета обуславливают начало процесса снятия с производства с последующим прекращением. Данный процесс инициируется РП на стадии эксплуатации при получении исчерпывающих данных от головного разработчика, ДОВУ и ЗОВУ. Для этого осуществляется подготовка конструкторской документации к архивации и переоборудование производства с учетом требований нового ВВТ.

Момент окончания передачи ВВТ от поставщика заказчику (эксплуатанту) с утверждением сопроводительной документации является началом его эксплуатации. По своей значимости она является кульминационным моментом ЖЦ ВВТ, аккумулирующим затраты всех видов ресурсов на предыдущих стадиях, и вносит значительный вклад в эффективность полного ЖЦ. Поэтому выработка и принятие наиболее важных решений на данной стадии требует привлечения к процессу управления эксплуатацией всех участников ЖЦ ВВТ.

Ввод ВВТ в эксплуатацию и приведение в установленную степень готовности к использованию по назначению осуществляются непосредственно эксплуатантом, который регулирует продолжительность временных показателей данного процесса. Сложность конструкционного исполнения ВВТ и выполняемых им функций обуславливает необходимость сопровождения представителями головного разработчика и изготовителя начального периода эксплуатации. Это позволяет сформировать у эксплуатирующего персонала необходимые компетенции для наиболее полной реализации потенциальных возможностей ВВТ. Поэтому продолжительность данного этапа будет существенно зависеть от начального уровня компетенций эксплуатантов (рисунок 47).

Управление на этапе использования по назначению осуществляется заказчиком и эксплуатантом, которые управляют временными (продолжительность функционирования, цикличность функционирования) и объемными (расход ресурса, ЗИП) характеристиками процессов ЖЦ ВВТ, также им устанавливаются физико-географические условия эксплуатации.

Поддержание готовности ВВТ к выполнению задач в соответствии с назначением осуществляется в процессе обслуживания (ремонта) ВВТ, в ходе которого контролируется его способность выполнять заданные функции, регистрируются проблемы для анализа, предпринимаются действия по корректировке, адаптации, исправлению и предупреждению нарушений функционирования, а также подтверждаются возможности выполнения функций в случае их восстановления после нарушений функционирования. При этом эксплуатант осуществляет процедуры обслуживания в объеме операции ЕТО, КО

и других несложных видов ТО, а представители изготовителя выполняют наиболее сложные и трудоемкие виды обслуживания, требующие квалифицированного персонала, а также осуществляют комплекс мероприятий, связанных с планированием необходимых ресурсов и проведением опережающего обслуживания для достижения целей технической готовности.

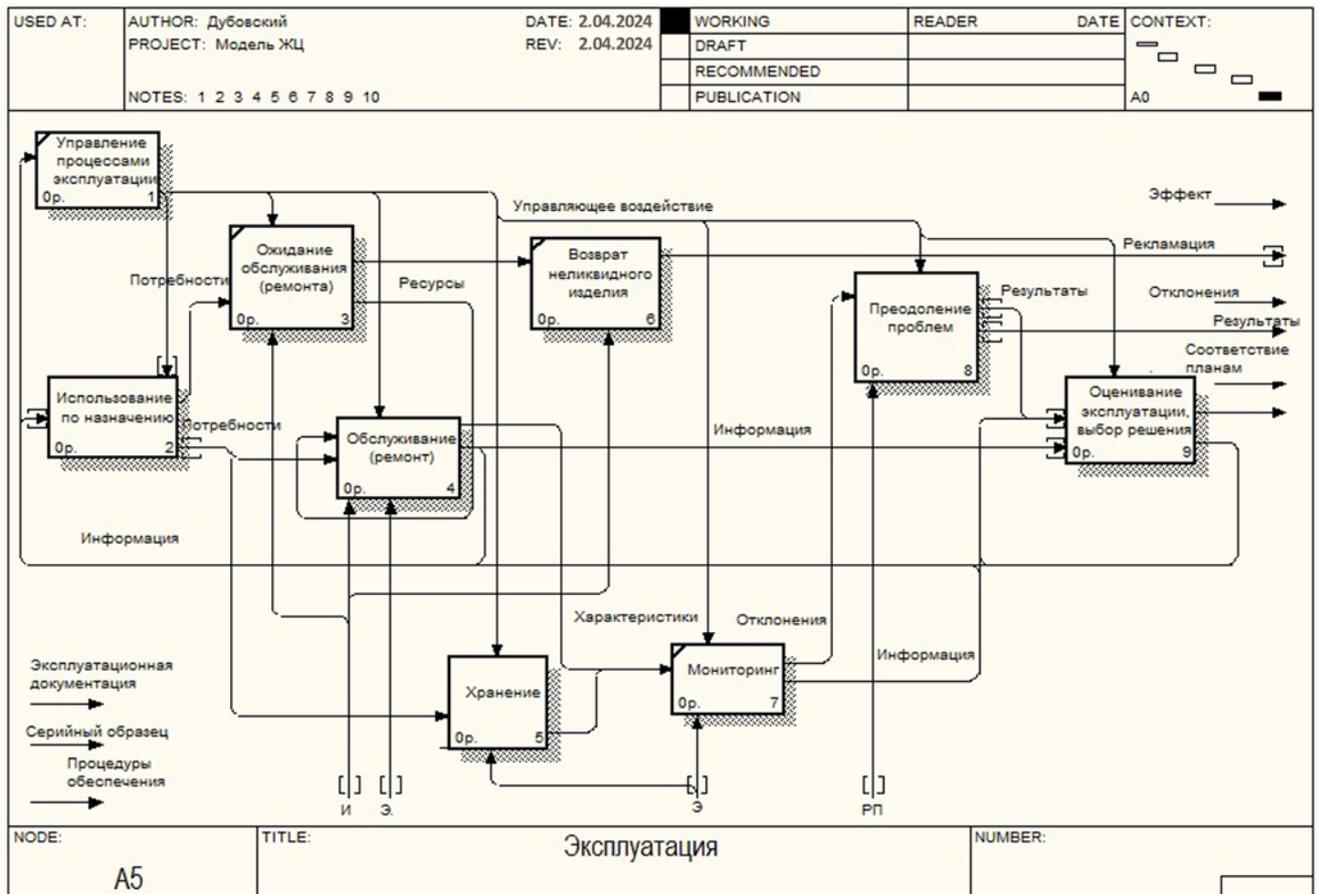


Рисунок 47 – Процессы ЖЦ ВВТ на стадии «Эксплуатации»

Источник: разработано на основании использования [69,74, 75, 110].

Наличие временных задержек в проведении обслуживания или ремонта ВВТ, обусловленных организационными и ресурсными ограничениями, обуславливает наличие в структуре ЖЦ процесса ожидания, оказывающего существенное влияние на временные характеристики ЖЦ.

Управление временными характеристиками процессов сложных видов обслуживания (ремонта) и ожидания возлагается на представителей изготовителя,

реализуемое путем заблаговременного планирования потребностей в ресурсах всех видов и своевременного проведения обслуживания (ремонта).

Переход на этап хранения инициируется эксплуатантом при отсутствии потребности в использовании ВВТ по назначению и предназначен для сохранения полезных свойств изделий ВВТ в течение установленного срока. Эксплуатант управляет временными характеристиками данного этапа, устанавливая сроки постановки и снятия с хранения, и объемными посредством назначения количества изделий ВВТ, устанавливаемых на хранение, расхода ресурса отдельных систем и агрегатов, подвергаемых периодическому контролю технического состояния материальных средств. Изготовитель устанавливает объем и периодичность необходимых процедур по обслуживанию изделий, находящихся на хранении.

Сбор, систематизация и анализ информации о степени функциональной готовности изделий ВВТ к использованию по назначению, техническом состоянии образцов, постоянно или периодически осуществляемые системой контроля эксплуатанта и представителями головного разработчика и изготовителя при выполнении сервисного обслуживания и проведения технического надзора, составляют процесс мониторинга. Его проведению предшествует определение РП показателей и критериев эффективности процессов, подлежащих мониторингу, и набор соответствующих действий, предпринимаемых каждым участником ЖЦ ВВТ при выявлении недопустимых отклонений. Получаемая таким образом информация позволяет вырабатывать соответствующие предложения для принятия решений участниками ЖЦ по преодолению выявляемых проблем.

Массив информации, получаемый на выходе процесса мониторинга, поступает на вход процесса преодоления проблем и представляет собой основу для принятия решения РП. Предполагается наличие четко установленных критериев и показателей, позволяющих принять следующие альтернативные варианты решений (рисунок 48):

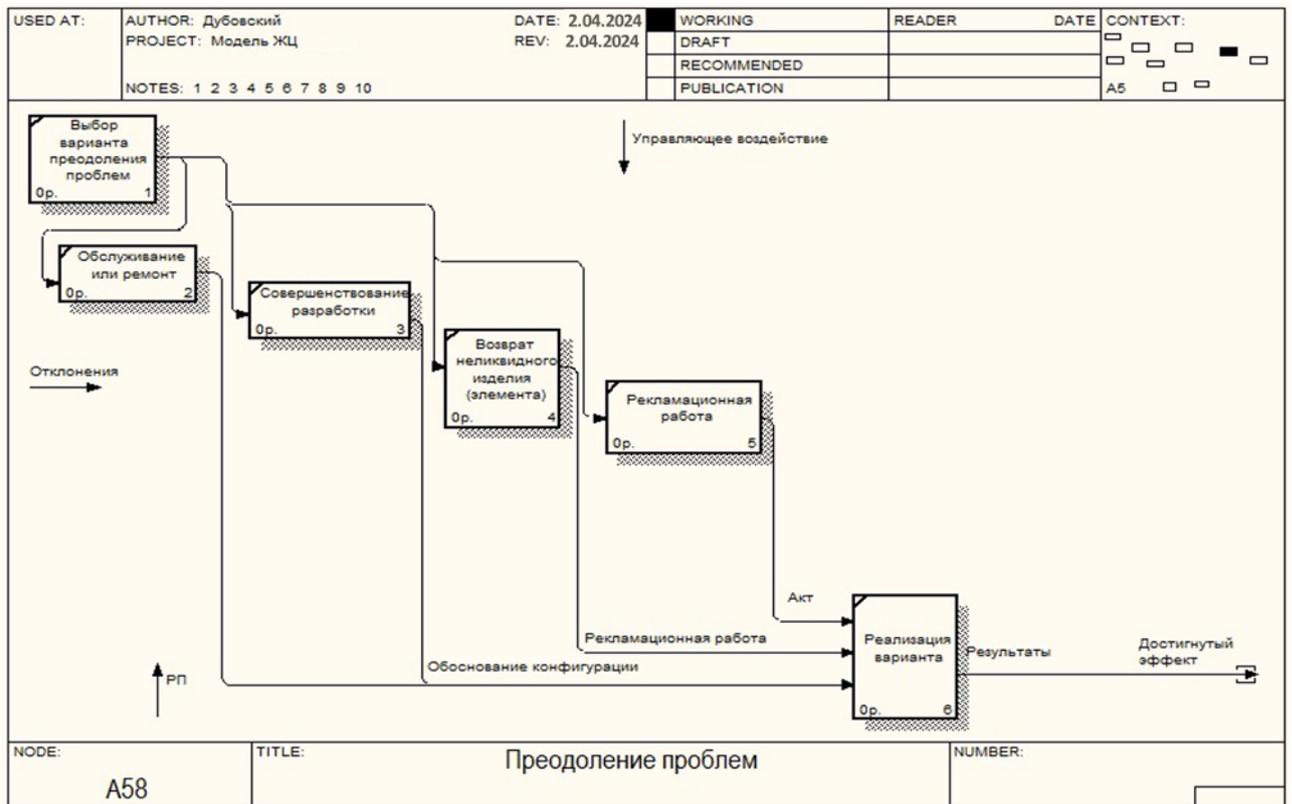


Рисунок 48 – Альтернативные варианты решений по результатам процесса мониторинга

Источник: разработано на основании использования [69, 110].

обслуживание или ремонт реализуются при возможности устранения выявленных несоответствий при помощи проведения мероприятий согласно эксплуатационной документации;

совершенствование разработки производится при идентификации проблем и недостатков, не выявленных на предэксплуатационных стадиях ВВТ, а также несоответствий выполняемых функций, в совокупности требующих корректирующих воздействий разработчиков либо производителей;

рекламационная работа, направленная на приведение изделий в соответствие с требованиями заказчика в установленные гарантийными обязательствами сроки, выявление и устранение причин возникновения дефектов и несоответствий;

возврат неликвидного изделия осуществляется при отсутствии возможности восстановления работоспособного состояния изделий ВВТ в рамках сроков

удовлетворения рекламаций, производится пролонгация мероприятий, осуществляемых на базе изготовителя изделий ВВТ.

При окончании штатной эксплуатации возникает потребность в определении степени соответствия планируемых тактико-техничко-экономических показателей фактическим, которое осуществляется в рамках процесса оценивания эксплуатации (рисунок 49). В ходе данного процесса производится оценивание полученных результатов относительно требований ТТЗ, степень реализации потенциала ВВТ, а также достижение целей эксплуатации.

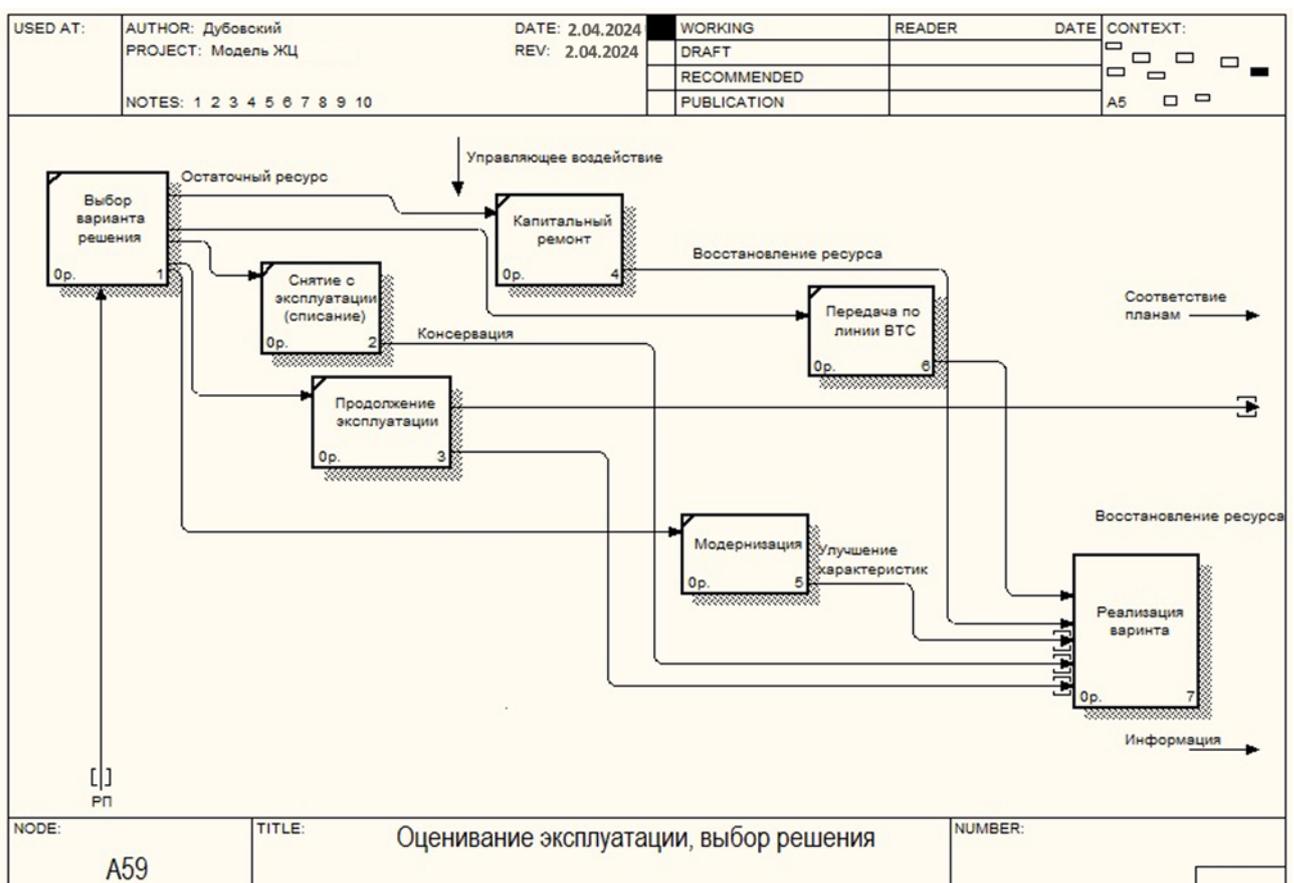


Рисунок 49 – Альтернативные варианты решений по результатам процесса оценивание эксплуатации

Источник: разработано на основании использования [69, 110].

Подготовка обоснований для принятия решения РП осуществляется совместно Управлением РВиА, ГРАУ и разработчиком ВВТ, что позволяет определить наиболее рациональное решение по выбору дальнейшего варианта эксплуатации, а именно:

снятие ВВТ с эксплуатации – данный вариант осуществляется в случае выявления неэффективности применения ВВТ при выполнении задач по предназначению и нецелесообразности дальнейшей эксплуатации ВВТ. Подразумевает долговременную консервацию изделий;

продолжение эксплуатации ВВТ производится при соответствии фактических значений показателей, полученных по результатам эксплуатации, требуемым, а также отсутствию возможности проведения модернизации изделий ВВТ или создания нового ВВТ;

проведение капитального ремонта ВВТ без модернизации. Этот вариант наиболее приемлем для осуществления в том случае, если окончился период штатной эксплуатации, либо истек ресурс материальной части, при этом ТТХ ВВТ в краткосрочной перспективе удовлетворяют потребности заказчика, а до окончания ОКР по разработке нового ВВТ остается не более пяти лет;

капитальный ремонт с модернизацией осуществляется при технической возможности и экономической целесообразности совершенствования характеристик существующих изделий ВВТ с учетом изменившихся требований заказчика;

передача ВВТ по линии военно-технического сотрудничества реализуется в случае возникновения государственной необходимости безвозвратной передачи ВВТ в вооруженные силы иностранного государства, подразумевающей проведение предпродажной подготовки для выполнения требований, в т. ч. изъятие специальной аппаратуры.

5.3 Методика управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники

Проведенный в первой главе анализ показал, что реализация процессов ЖЦ ВВТ сопровождается все более возрастающей организационной, технической и

управленческой сложностью и содержит высокую степень неопределенности и постоянной динамики распределения ресурсов, вызванную уникальностью создаваемого или эксплуатируемого ВВТ и непредвиденными событиями различного рода, что влечет к срыву установленных сроков выполнения мероприятий и поставленных задач.

При этом ЖЦ ВВТ, особенно этапы его создания, могут содержать десятки и сотни уникальных процессов и требовать большое число исполнителей различной квалификации, которые должны работать согласованно. Чтобы координировать деятельность таких коллективов, необходимы значительные управленческие усилия для достижения поставленных целей и получения практических результатов с заданным качеством, в установленные сроки и в заданный бюджет. В условиях постоянно возрастающей сложности, уникальности и разнородности процессов ЖЦ необходимо учитывать влияние внешних условий, изменения в календарных планах и составах исполнителей, возникновение новых задач в ходе их выполнения и т. д.

Однако гибко и эффективно реагировать на все эти требования позволяют лишь системы, функционирующие в реальном времени, поскольку в противном случае возникают длительные задержки, простои или, наоборот, дефицит ресурсов. Одной из важных задач управления такой деятельностью при этом становится определение реалистичных сроков выполнения задач и учет возможных рисков в целях минимизации влияния внешних неблагоприятных факторов.

Управление процессами ЖЦ ВВТ осложняется тем, что существуют значительные неопределенности, связанные с внешними и внутренними факторами: неполнотой и возможной недостоверностью информации обо всех параметрах и обстоятельствах, затрудняющих выбор оптимального решения; принципиальной невозможностью адекватно и точно учитывать все доступные сведения; вероятностной сущностью поведения исследуемой среды и т. п. Случайные внешние факторы обычно заранее просто невозможно корректно прогнозировать и предусмотреть даже в вероятностной интерпретации из-за большой степени неопределенности их влияния на результат.

С другой стороны, присутствие субъективных факторов, когда взаимодействие участников ЖЦ, принимающих решения, и исполнителей проектных работ напоминает ситуацию конкуренции и кооперации партнеров с несовпадающими интересами и целями на протяжении полного ЖЦ, еще более затрудняет процесс принятия управленческих решений, способствует росту неопределенности и риска.

В этой связи разработана методика, позволяющая интерактивно учитывать ход выполнения процессов ЖЦ ВВТ, осуществлять управление ими в режиме реального времени.

В методике были приняты следующие обозначения:

проект j , в качестве которого может рассматриваться одна из стадий или этапов ЖЦ ВВТ, состоящий из множества задач i , $i = 1 \dots m$, количество задач в проекте;

C_j – запланированный срок выполнения проекта j ;

d_j – предельный срок выполнения проекта j ;

τ_j – реальный срок выполнения проекта j ;

p_{ij} – длительность выполнения задачи i в проекте j .

Под неопределенностью в методике будет пониматься неполнота и неточность исходной и текущей информации о временных параметрах ЖЦ ВВТ, а под риском r_j – вероятность выхода за предельный срок d_j реального времени выполнения τ_j данного мероприятия (задачи) j

$$r_j = P(\tau_j > d_j). \quad (65)$$

Длительность выполнения проекта определяется как время окончания последней задачи в проекте j , которое вычисляется по цепочке от первой задачи i и зависит от всех предыдущих запланированных задач перед каждой задачей данного проекта у каждого исполнителя. Поэтому точное вычисление вероятности выхода за предельный срок потребует большого количества вычислений и

введения допущений, которые позволят приближенно вычислить значение вероятности.

Для этого будет рассмотрен один проект, $j = 1$ и в предположении, что каждая задача проекта i выполняется отдельным исполнителем, при этом разного рода неопределенные факторы, которые в принципе очень трудно или даже невозможно учесть, случайным образом влияют на среднюю продолжительность выполнения конкретной задачи и на время ее завершения, поэтому τ_j является случайной величиной. Согласно теории вероятностей [15, 49, 50, 136] распределение времени окончания проекта при учете несистематических факторов подчиняется нормальному закону, который описывается гауссовой функцией распределения. Предположим также, что в целом запас времени исполнителей достаточен для выполнения каждой подзадачи в срок в идеальном случае, без учета несистематических факторов.

Оценим неопределенность времени выполнения подзадачи (т. е. той части распределения времени выполнения предыдущей задачи, с которой перекрывается следующая задача) за счет хвостов гауссовой функции распределения вправо от каждой задачи величиной $\delta(p_{ij}) \sim \delta_{ij}$, δ_{ij} – стандартное отклонение, i – номер исполнителя. Таким образом, время выполнения каждой подзадачи описывается, кроме длительности p_{ij} , величиной неопределенности $\delta(p_{ij})$. Аппроксимируем хвост гауссовой функции с помощью линейной функции (рисунок 50), при этом получим трапециевидную форму функции распределения. Считаем, что момент времени начала каждой подзадачи t_s достоверно известен.

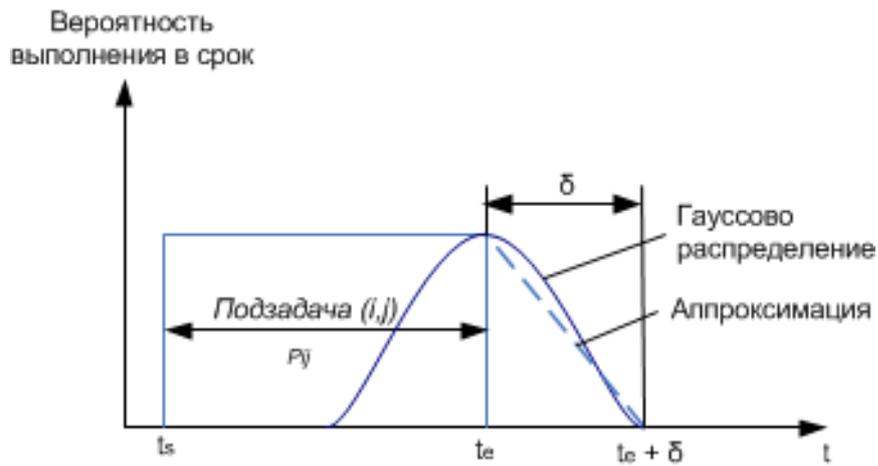


Рисунок 50 – Аппроксимация части гауссова распределения линейной функцией
Источник: составлено авторами.

Поскольку величина $\delta(p_{ij})$ оценивает интервал неопределенности времени окончания t_e задачи, начало следующей задачи может попасть в этот интервал. Поэтому при выстраивании цепочки задач вправо по оси времени суммарная неопределенность будет накапливаться (по теореме сложения дисперсий). Это означает, что время окончания последней задачи может выйти за предельный срок (рисунок 51).

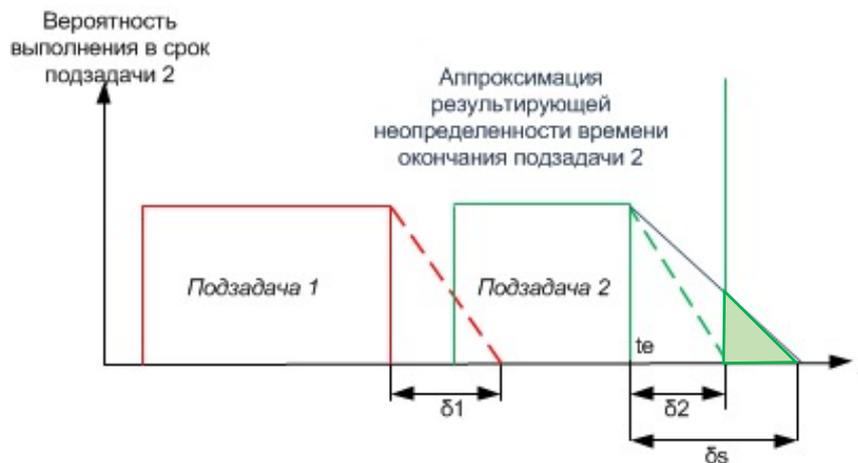


Рисунок 51 – Аппроксимация распределения времени выполнения одного проекта
Источник: составлено авторами.

Суммарное распределение времени выполнения задач может иметь очень сложную форму. Например, сумма двух равномерно распределенных величин

имеет треугольное распределение, распределение суммы бесконечного количества произвольных случайных величин стремится к нормальному распределению согласно центральной предельной теореме теории вероятностей. Поэтому упростив рассуждение, будет принято, что итоговое распределение также можно аппроксимировать трапецией, правый треугольник которой имеет основание, равное результирующей неопределенности цепочки подзадач δ_s . Например, для проекта, состоящего из двух подзадач, δ_s вычисляется по формуле

$$\delta_s = t_{e_1} + \delta_1 + t_{s_2}. \quad (66)$$

Согласно рисунку 51, где рассматривается единственный проект ($j=1$), вероятность $P(\tau_j > d_j)$ выхода за предельный срок окончания проекта, состоящего из двух задач, равна площади закрашенного прямоугольного треугольника, одну из сторон которого образует плотность вероятности $f(t) = At + B$. Здесь A и B – коэффициенты, определяемые из условия прохождения графика $f(t)$ через точку $(0, t_e + d_s)$ и условия нормировки

$$A(t_e + \delta_s) + B = 0; \quad (67)$$

$$P = 1 = \int_{t_e}^{t_e + \delta_s} f(t) dt = \int_{t_e}^{t_e + \delta_s} (At + B) dt = \frac{A}{2} \delta_s (2t_e + \delta_s) + B \delta_s. \quad (68)$$

Из (64) и (65) получаем значения коэффициентов $A = -\frac{2}{\delta_s^2}$ и $B = \frac{2}{\delta_s^2} (t_e + \delta_s)$.

Тогда плотность вероятности

$$f(t) = \frac{2}{\delta_s^2} (t_e + \delta_s - t). \quad (69)$$

Вероятность $P(\tau > d)$ выхода срока выполнения проекта за предельный срок вычисляется как площадь прямоугольного треугольника с катетами

$$f(d) = 2 \frac{(t_e + \delta_s - d)}{\delta_s^2} \text{ и } (t_e + \delta_s - d)$$

$$P(\tau > d) = \int_d^{t_e + \delta_s} f(t) dt = \left(1 - \frac{d - t_e}{\delta_s}\right)^2. \quad (70)$$

Соответственно, риск $r = \left(1 - \frac{d - t_e}{\delta_s}\right)^2$ при условии $t_e + \delta_s - d \geq 0$, т. е. предельный срок выполнения проекта находится внутри интервала результирующей неопределенности.

Таким образом, риск выхода времени выполнения проекта за предельный срок определяется выражением

$$r = \begin{cases} 1, & d \leq t_e \\ \left(1 - \frac{d - t_e}{\delta_s}\right)^2, & t_e \leq d \leq t_e + \delta_s, \\ 0, & t_e + \delta_s \leq d \end{cases} \quad (71)$$

а возможные последствия от его реализации представлены в таблице 16.

Таблица 17 – Определение уровня последствий проявления риска выхода времени выполнения проекта за предельный срок

Уровень последствий	Влияние на сроки реализации мероприятий
Незначительный	минимально либо отсутствует
Небольшой	минимальные отклонения на промежуточных точках графика. Сдвиг неосновных КТ графика
Средний	сдвиг промежуточных точек графика, отклонения, не способные повлиять на ход выполнения программы в целом
Значительный	критические нарушения сроков выполнения программы. Сдвиг ключевых КТ графика на срок более 2 месяцев и/или сдвиг промежуточных КТ более чем на 6 месяцев
Высокий	невозможно соблюдение установленных сроков прохождения КТ

Источник: разработано на основании обобщения опыта зарубежных программ приобретения ВВТ [92,137, 188] и материалов собственных мониторинговых исследований [103].

С учетом (69) среднее время окончания проекта

$$\bar{t}_e = \int_{t_e}^{t_e + \delta_s} tf(t)dt = \int_{t_e}^{t_e + \delta_s} (At^2 + Bt)dt = t_e + \frac{\delta_s}{3}. \quad (72)$$

Следует отметить, что возрастающие значения неопределенности объясняют существование естественного горизонта планирования. Если результирующая неопределенность будет сравнима со средним временем выполнения подзадачи, дальнейшее планирование теряет смысл, так как накопившаяся неопределенность однозначно делает невыполнимым план последней подзадачи.

5.4 Оптимизация характеристик образца вооружения и военной техники на этапе проектирования

Современный уровень научно-технического прогресса и уровень развития инноваций позволяют создавать и в последующем эксплуатировать образцы ВВТ различного назначения с высокими конструктивно-эксплуатационными показателями. Однако качественное решение этих задач, а также сокращение сроков разработки может быть обеспечено только при условии широкого внедрения математических методов и автоматизированной системы управления на всех стадиях проектирования и испытания образцов ВВТ.

В этой связи данная задача и порядок ее решения представляется актуальными. Вербально она может быть сформулирована следующим образом. Необходимо определить оптимальные значения конструктивно-эксплуатационных характеристик образцов ВВТ или отдельных его элементов, которые обеспечивают экстремум принятой целевой функции, определяющей основной критерий качества образца, и реализацию установленных тактико-техническим заданием (ТТЗ) требований при заданных условиях его эксплуатации.

Корректное решение рассматриваемых задач оптимизации возможно только на основе системного подхода, т. е. при формулировке должны учитываться условия эксплуатации образцов ВВТ, сложившаяся или предполагаемая система технического обслуживания, характеристики других систем или изделий, с которыми взаимодействует разрабатываемое изделие или его элементы. При этом

образцов ВВТ должно рассматриваться как сложная система, состоящая из множества подсистем и имеющая, как правило, многоэтапный процесс функционирования. Это приводит к необходимости решения задачи оптимизации в несколько взаимосвязанных этапов, каждый из которых обычно реализуется на основе своего специфического алгоритма. Иными словами, процесс решения подобных задач должен иметь сложную иерархическую структуру (рисунок 53).

На верхнем уровне производится оптимизация характеристик системы в целом, на основе чего разрабатываются ТТЗ и техническое задание (ТЗ) на отдельные подсистемы, которые принимаются в качестве исходных данных для формулировки и решения задач оптимизации характеристик подсистем, рассматриваемых на более низких иерархических уровнях. На основе результатов взаимного согласования характеристик отдельных подсистем и системы в целом, а также проверки их соответствия заданным ТТЗ (ТЗ) могут проводиться повторные решения задач оптимизации после корректировки условий их постановки (целевых функций, ограничений, принципиальных схем конструкций, математических моделей) или ТЗ на разработку подсистем. Найденные в результате решения задачи характеристики подсистем и системы в целом должны быть полностью согласованы между собой, обеспечивать экстремумы выбранных критериев качества образцов и соответствовать заданным в ТТЗ требованиям.

Следует отметить, что многоэтапность и иерархичность структуры процесса оптимизации характеристик образцов ВВТ связаны не только с тем, что разрабатываемое изделие представляет собой сложную систему, но также и с тем, что проектирование отдельных систем осуществляется, как правило, различными организациями, которые в итоге совместно с головными предприятиями должны создать изделие как единое целое с высоким качественными показателями.

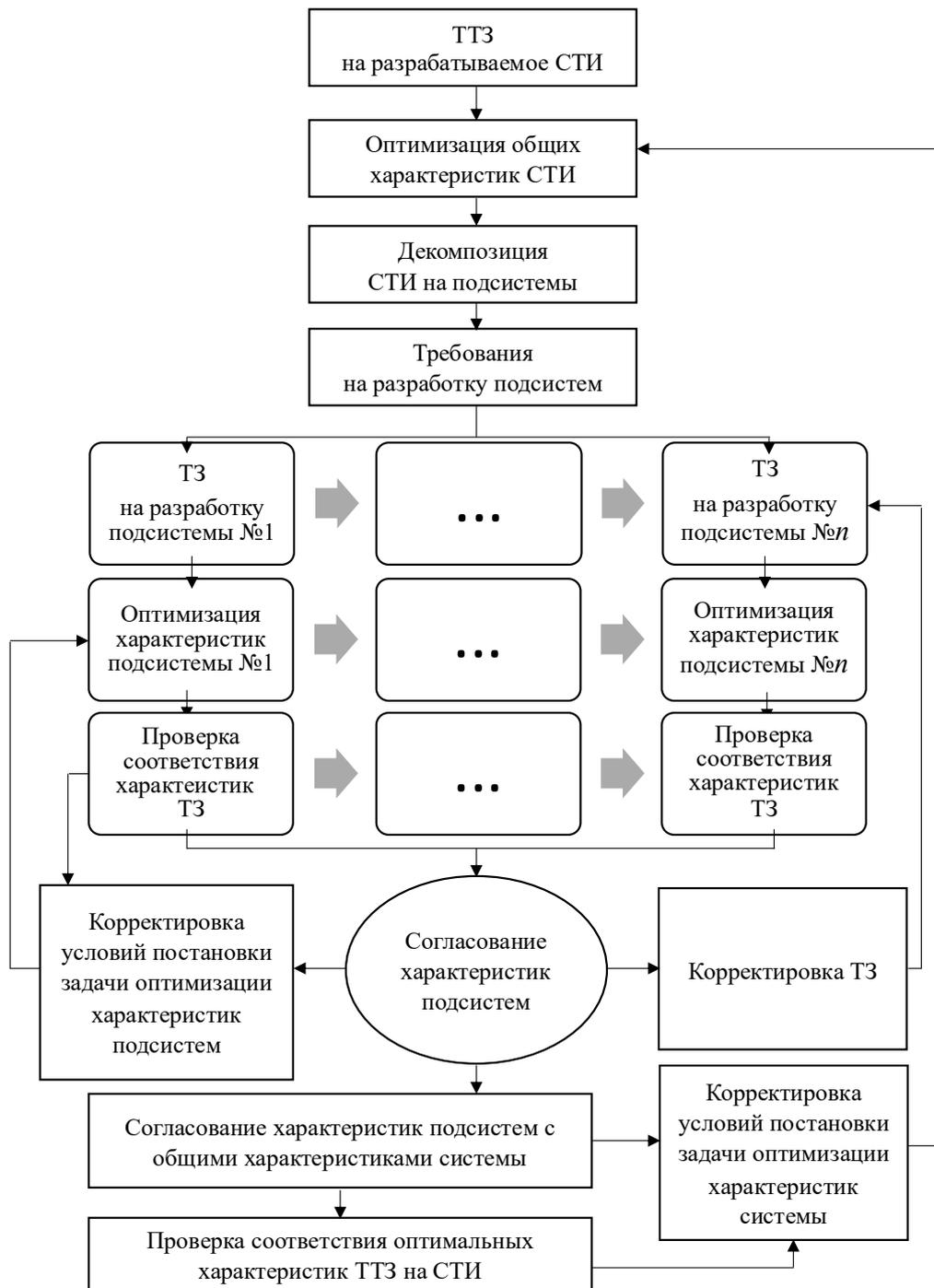


Рисунок 52 – Содержание процесса оптимизации характеристик образца ВВТ
 Источник: составлено авторами.

Решение задач оптимизации характеристик изделия (или отдельных его подсистем) также представляет собой сложный многоэтапный процесс (рисунок 54), который включает: постановку и математическую формулировку задачи; решение оптимизационной задачи; анализ полученных результатов.

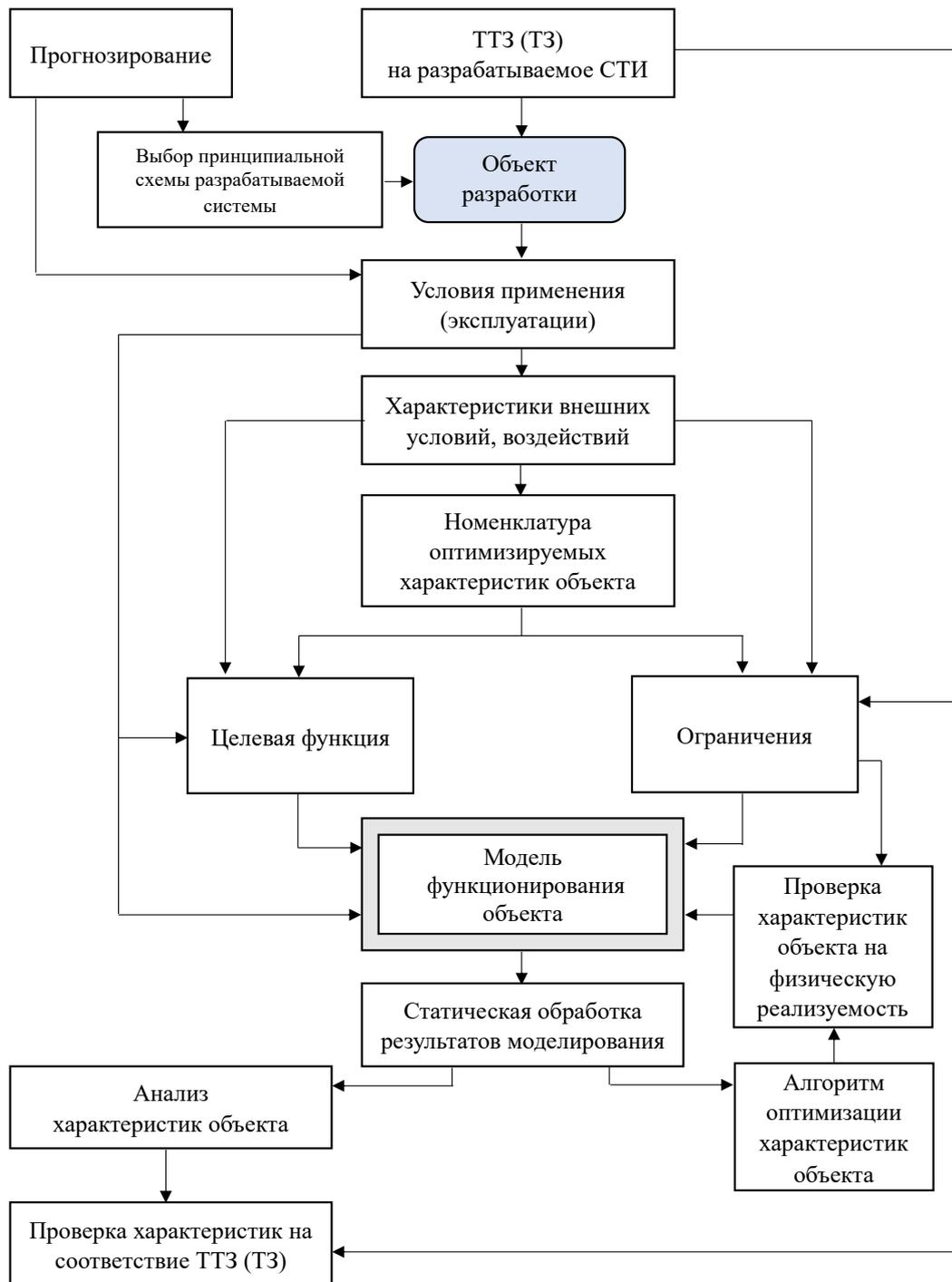


Рисунок 53 – Порядок оптимизации характеристик ВВТ

Источник: составлено авторами.

При постановке задачи оптимизации на основе ТТЗ, исходя из назначения образца, определяется объект разработки, из ряда возможных альтернативных вариантов выбирается его целесообразная (или оптимальная) принципиальная схема, проводится анализ предполагаемых (прогнозируемых) условий

эксплуатации изделия и устанавливаются характеристики внешних воздействий и возмущений $\bar{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$. Определяется номенклатура основных характеристик, проектных параметров изделия $\bar{y} = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, оптимальные значения которых требуется найти. На основе анализа назначений, условий эксплуатации системы и ТТЗ (ТЗ) на ее разработку формируется критерий качества системы, т.е. целевые функция задачи оптимизации

$$\phi = f_1(\bar{x}, \bar{y}). \quad (73)$$

Определяются ограничивающие условия в виде функциональных $G(\bar{x}, \bar{y})_i \leq a_i$ или параметрических $b_{1j} \leq x_j \leq b_{2j}$ неравенств. При этом константа a_i и b_j определяются ТТЗ (ТЗ), условиями эксплуатации образца и опытом разработки аналогичной продукции.

На этапе постановки задач оптимизации должна быть разработана математическая модель, с достаточной полнотой и точностью описывающая процесс функционирования изделия и связывающая ее выходные характеристики $\bar{z} = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ с оптимизируемыми параметрами \bar{y} и возмущениями \bar{x} с помощью функциональных зависимостей или систем уравнений (алгебраических, дифференциальных, интегральных)

$$\bar{z} = f_2(\bar{x}, \bar{y}). \quad (74)$$

Если процесс функционирования разрабатываемого изделия является многоэтапным, то математические модели должны формироваться применительно к каждому этапу.

Таким образом, задача оптимизации характеристик разрабатываемого образца в общем виде формулируется следующим образом: найти значения характеристик и проектных параметров \bar{y} изделия, процесс функционирования которого описывается уравнением вида (2), при условии максимизации (или минимизации) целевой функции ϕ и удовлетворения принятых ограничений.

Исходя из вида и сложности математической модели целевой функции (1), ограничивающих условий, внешних возмущений \bar{x} , а также числа оптимизируемых параметров \bar{y} , определяется метод решения уравнений (аналитический, численный, статистических испытаний), разрабатываются алгоритмы статистической обработки результатов моделирования и решения задачи оптимизации.

Задачи оптимизации характеристик отдельных элементов изделия и особенно его подсистем во многих случаях, в частности, при их эскизной обработке, могут быть сформулированы в сравнительно простой форме. При этом для решения указанных задач часто могут успешно применяться аналитические методы оптимизации, которые позволяют не только найти оптимальные значения искомых характеристик, но и определять влияние на них различных факторов.

На практике для получения аналитических решений задач оптимизации характеристик образцов ВВТ часто применяются методы исследования функций на экстремум. При этом в случае малого числа оптимизируемых параметров и небольшом числе ограничений может использоваться метод подстановки, когда из ограничивающих условий одни оптимизируемые параметры можно выразить через другие в явном виде. Тогда после подстановки этих зависимостей в критерий качества ϕ удастся его представить как функцию одного из оптимизируемых параметров y_s в виде

$$\phi = \phi_3(\bar{x}, y_s, a_i, b_j). \quad (75)$$

После чего оптимальное значение находят решением уравнения $\frac{\partial \phi}{\partial y_s} = 0$.

Если метод подстановки применить не удастся, то часто аналитическое решение задач оптимизации может быть получено на основе метода множителей Лагранжа, когда из целевой функции $\phi(\bar{x}, \bar{y})$ и ограничений $G(\bar{x}, \bar{y})'_i \leq 0$ записывается функция Лагранжа

$$L = \phi(\bar{x}, \bar{y}) + \sum_i v_i G(\bar{x}, \bar{y})'_i, \quad (76)$$

где ν_i – множители Лагранжа.

Оптимальные значения характеристик y_s^* находятся в результате решения системы уравнений

$$\frac{\partial L}{\partial y_s} = 0, \quad G(\bar{x}, \bar{y})'_i = 0. \quad (77)$$

После определения оптимальных значений параметров на основе математического моделирования производится подробный анализ конструктивно-эксплуатационных характеристик ВВТ при заданных условиях эксплуатации и проверка соответствия его характеристик требованиям ТТЗ (ТЗ).

При отсутствии решения, удовлетворяющего требованиям, т.е. в случае если критериальные требования не удовлетворяются, представляются возможными два варианта действий:

для разработчика – расширение множества альтернатив проектно-конструкторских решений;

для заказчика – снижение требований (снижение значений характеристик, сокращение набора функций). Вполне очевидно, что данный выбор должен осуществляться с позиций баланса интересов каждой стороны.

5.5 Обоснование рационального варианта характеристик образца ВВТ на этапе разработки

Содержательные особенности нечетко определенных (не схематизированных, нешаблонных) проектно-конструкторских задач (неопределенность, неформализуемость, многокритериальность, и многовариантность) обуславливают необходимость их учета при разработке методов формального анализа, предназначенных для использования в человеко-машинных процедурах, обслуживающих процесс поискового конструирования. Представляется целесообразным рассмотреть некоторые отличительные признаки и связанные с ним требования, которые должны удовлетворять поисковые процедуры и методы.

При решении конструкторских задач, требующих лишь параметрического анализа, представляется, что структура изделия (образца, системы) и ее математическая модель определены и имеют метрическое выражение. В такой постановке задача сводится к поиску результата, удовлетворяющего определенным показателям. При решении же задачи, требующей структурной оптимизации, имеем дело с формально неопределенными связями, не метрическими признаками, качественными показателями (критериями), а зачастую и с неформальными требованиями ТТЗ.

Для конкретных задач имеет место «пограничная» ситуация, требующая учета как формальных, так и неформальных факторов, и их совокупности. Если одна часть составляющих многокомпонентного в основном ТТЗ имеет количественный, а другая нечисленный, но в тоже время формальный характер, то такие задачи в большинстве случаев могут отнесены к классу условно разрешимых, однако лишь в определенном смысле.

Дело в том, что понятие «формально» и количественное не тождественны. В соответствии с этим наличие в нешаблонных, не схематизированных проектно-конструкторских задачах различного вида неопределенностей, обусловленных нечисловой природой качественных факторов, ведет к необходимости их формального учета и проектных критериях (показателях). Именно учета, а не устранения как неких помех, которых не должно быть. Иными словами, неопределенность «входа» должна иметь свое отражение и на «выходе», так как никакими математическими операциями ее устранить невозможно. Наоборот, при поиске рационального проектно-конструкторского решения неопределенность, присущую рассматриваемой задаче, надо сохранить, чтобы не обеднить состав исходной информации, например, посредством балльного шкалирования параметров, не содержащих в своей основе количественных характеристик. В последнем случае фактически подменяется реально существующая нечеткая действительность детерминированной моделью, которая в конечном счете может привести к потере оптимального решения, находящегося в зоне неопределенности.

Таким образом, при поиске решения не схематизированной, не шаблонной проектно-конструкторской задачи необходимо стремиться к наиболее достоверному выражению уровня присущей этой задаче неопределенности (в формально фиксируемом виде), чтобы сохранить ее как неотъемлемую часть единого целого. Очевидно, что здесь сталкивается с основополагающим принципом: чем сложнее анализируемая система, тем меньше потребность в ее четком количественном описании. Это утверждение (принцип) согласуется с известным положением: чем сильнее техническая система (образец, изделие) приспособлено к внешним условиям, тем она критичнее к их изменению. С такой точки зрения наличие в системе определенного уровня неопределенности, несомненно, полезно, так как за счет этого может быть повышена ее функциональная устойчивость (приспособленность к адаптации).

В том случае если поиск решения задачи ведется при условии сохранения имеющегося уровня неопределенности, то и окончательную цель нет смысла точно фиксировать. В соответствии с этим формальное описание цели (ТТЗ), параметров решаемой проблемной ситуации, а также значений качественных факторов, выражаемых в терминах цели, можно представить в виде нечетко определенных предпочтений. Такое представление гораздо проще чем задание четкой целевой функции, так как в этом случае требуется не численная оценка конечного результата, а лишь качественное ранжирование. Способ формализованного описания параметров несхематизированных, нешаблонных проектно-конструкторских задач, являясь более общим по своей природе и в то же время простым с логической точки зрения, позволяет при использовании специальных нечетких метрик получать формально обоснованные решения, учитывающие влияние и количественных и качественных факторов.

В общем виде формализованное описание нечеткой проблемной ситуации может быть представлено в виде

$$\langle P, T, C | A^{T3}, A, X, L, Y \rangle,$$

где $\Pi = (\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_i)$ – множество условий (ситуаций, определяющих характер решаемой задачи (неопределенность, неформализуемость, многокритериальность, многовариантность);

T – время, отводимое для решения несхематизированных, нешаблонных проектно-конструкторских задач;

$C = (C_1, C_2, \dots, C_j)$ – средства необходимые для решения задачи;

$A^{\text{ТТЗ}} = (A_1^{\text{ТТЗ}}, A_2^{\text{ТТЗ}}, \dots, A_n^{\text{ТТЗ}})$ – множество целей, предусматриваемых при решении задачи (ТТЗ, параметры функции полезности);

$A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ – совокупность характеристик, отражающих свойства альтернативных вариантов проектно-конструкторских решений;

$X = (X_1, X_2, \dots, X_n)$ – множество альтернативных вариантов проектно-конструкторских решений;

$L = \Phi(\omega, X)$ – обобщенный показатель (критерий) эффективности (потери относительно требований ТТЗ);

$\omega = f(A^{\text{ТТЗ}}, Y)$ – функция связи между характеристиками проектно-конструкторских решений и целями (оценка предпочтений, весовые коэффициенты);

$Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ – множество факторов, определяющих назначение проектно-конструкторских.

Итоговая формулировка постановки поисковой задачи зависит от вида критерия (показателя) эффективности и функций, характеризующих ограничения. Если критерий (показатель) эффективности и ограничения являются линейными функциями, то задача может быть сведена к прямой или обратной задаче линейного программирования. Если требуется найти решение, экстремизирующее все частные критерии (показатели), составляющие многокомпонентные ТТЗ, то необходимо рассматривать векторный критерий (показатель). В общем случае решение, будучи неоптимальным для ряда частных критериев (показателей), может быть оптимальным для векторного критерия (показателя) в целом.

Одним из приемов нахождения такого компромиссного решения является свертывание векторного критерия (показателя) в некую скалярную функцию

полезности. Вид этой функции определяется содержательной постановкой задачи, наличием дополнительной информации о важности частных критериев (показателей) и знанием конструктивно-технологических особенностей создаваемого проектно-конструкторского решения. Если частные критерии (показатели) соизмеримы по важности и являются однородными, т. е. допускают количественное сравнение в одной размерности, то в этом случае функцию полезности можно представить в виде взвешенной суммы разности показателей, отражающих фактическое состояние проектно-конструкторских решения и требований ТТЗ

$$L = \sum_{j=1}^n \omega_j l_j(X), \quad (78)$$

где n – число требований ТТЗ;

ω_j – априорная предпочтительность j -го требования в общем списке требований ТТЗ (j -й весовой коэффициент);

$l_j(X)$ – метрика (частный параметр эффективности), характеризующая относительное отклонение потери от j -го требования ТТЗ при выборе решения X_i в качестве эффективного;

X – описание проектно-конструкторского решения на определенном языке (схемы, индекса, слова).

Таким образом, требуется найти эффективное решение X_i , которое принадлежит к множеству возможных (приемлемых) решений W и обращает некий функционал потерь L в минимум. При этом используется нечеткая оптимизационная модель $\bar{Y} = F(\bar{X})$, имеющая вид матрицы (таблица 17), где $F(\bar{X})$ – оператор, ставящий в соответствие каждому набору факторов, характеризующих проектно-конструкторское решение $\bar{Y} = (Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$, решение $X(Y_j A_j, j = 1, 2, \dots, n)$.

При описании значений характеристик A_j в модели $\bar{Y} = F(\bar{X})$ могут использоваться как четкие, так и нечеткие (расплывчатые) определения $\{A_{ij}\} (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$. Аналогично в этой модели представляются и параметры ТТЗ $\{A^{\text{ТТЗ}}\} (j = 1, 2, \dots, n)$. Сравнивая параметры задания $\{A^{\text{ТТЗ}}\}$ с

соответствующими значениями характеристик $\{A_{ij}\}$, нетрудно вычислить потери l_{ij} , которые будут иметь место при выборе i -го проектно-конструкторского решения в качестве эффективного. В общем случае метрику для определения потерь можно представить в виде

$$l_{ij} = \sum_{k=1}^{n_{ki}} (\mu_{kij}^{\text{ТТЗ}} - \mu_{kij}), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

где $\mu_{kij}^{\text{ТТЗ}}$ – степень принадлежности к множеству $A_j^{\text{ТТЗ}}$, выражающее j -го требование ТТЗ;

μ_{kij} – степень принадлежности к множеству A_{ij} ;

n_{ki} – число элементов Y_k в сравниваемых множествах $A_j^{\text{ТТЗ}}$ и A_{ij} .

Таблица 18 – Матрица ТТЗ $A^{\text{ТТЗ}}$ и оценки параметров A_{ij}

Альтернативные варианты (X_i)	Характеристики (Y_j)							
	Количественные				Качественные			
	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_{i-1}	Y_i	...	Y_n
X_1	A_{11}	A_{12}	A_{13}	...	$A_{1(i-1)}$	A_{1i}	...	A_{1n}
X_2	A_{21}	A_{22}	A_{23}	...	$A_{2(i-1)}$	A_{2i}	...	A_{2n}
...
X_m	X_{m1}	X_{m2}	X_{m3}	...	$X_{m(i-1)}$	X_{mi}	...	X_{mn}
$A_j^{\text{ТТЗ}}$	$A_1^{\text{ТТЗ}}$	$A_2^{\text{ТТЗ}}$	$A_3^{\text{ТТЗ}}$	...	$A_{i-1}^{\text{ТТЗ}}$	$A_i^{\text{ТТЗ}}$	...	$A_n^{\text{ТТЗ}}$

Источник: составлено авторами.

На основе вычисленных l_{ij} и соответствующих значений ω_j составляется матрица потерь (таблица 18), затем при помощи обобщенного показателя эффективности определяются суммарные потери.

Для сведения несхематизированных, нешаблонных проектно-конструкторских задач к формально разрешимым задачам, надо тем или иным

образом «снять неопределенности», т. е. либо вывести гипотезы, либо назначить оценки. При этом важно обеспечить возможность непосредственного измерения нечеткого содержания в том виде, в котором оно реально существует, т. е. произвести нечисловое измерение качества с минимальной долей субъективизма.

Таблица 19 – Матрица потерь

Альтернативные варианты (X_i)	Характеристики (Y_j)							Потери		
	Количественные				Качественные					
	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_{i-1}	...	Y_n	L_i	L_i^ω	Δ_i
X_1	l_{11}	l_{12}	l_{13}	...	$l_{1(i-1)}$	...	l_{1n}	L_1	L_1^ω	Δ_1
X_2	l_{21}	l_{22}	l_{23}	...	$l_{2(i-1)}$	...	l_{2n}	L_2	L_2^ω	Δ_2
...
X_m	l_{m1}	l_{m2}	l_{m3}	...	$l_{m(i-1)}$	...	l_{mn}	L_m	L_m^ω	Δ_m
ω_j	ω_1	ω_2	ω_3	...		...	ω_n			

Источник: составлено авторами.

Балльное шкалирование факторов, не содержащих в своей основе количественных характеристик, позволяет установить и зафиксировать степень проявления измеряемого качества в численном виде, однако действительными числовыми оценками данные числа не являются, так как для них не определены арифметические операции. Кроме того, при балльном шкалировании ряд отношений качественного характера не может быть отражен в числовых шкалах без существенной части содержательной информации из-за различной информационной емкости метрических и топологических пространств.

Следовательно, экспертные оценки, основанные на балльном (четком) шкалировании, по существу, непригодны для использования их в качестве средства формализации нечетких величин, так как по своей структуре они несомасштабны характеру нечисловых измерений качества.

При проведении экспертизы на ранних стадиях разработки ВВТ на предмет соответствия проектных документов требованиям ТТЗ как правило получаются следующие результаты: все характеристики соответствуют требованиям; несоответствующие характеристики находятся в установленном допуске; часть характеристик соответствует требованиям, другая часть не соответствует; часть важных характеристик не соответствует требованиям; большая часть характеристик не соответствует требованиям.

Поэтому будет целесообразно для формализации процедур проектно-конструкторской деятельности, связанных с неколичественными измерениями, в дальнейшем используются специальные функции принадлежности и на их основе вводятся так называемые лингвистические переменные, которые в наиболее естественной форме в ходе разработки ВВТ отражают особенности неформальных операций и в то же время являются точными операндами для ЭВМ. Применение лингвистических переменных для описания неформальных элементов обусловлено еще и тем, что размытость (расплывчатость) свойственна самой сущности процессов восприятия, воспроизведения и переработки информации при разработке ВВТ. Нечеткая оценка в большинстве случаев оказывается более адекватной реальной действительности, чем четкая (по опыту создания ряда систем).

Измерение нечеткого содержания с помощью лингвистических переменных, по существу, представляет собой обобщение метода экспертных оценок, которое является частным случаем нечислового измерения качества.

В процессе решения нешаблонных проектно-конструкторских задач разработчик оперирует рядом нечетких понятий и терминов, например, таких как: «простая конструкция», «сложная технология», «значительно меньше», «меньше» и др.

Каждая из записанных на естественном языке нечетких терминов (обозначаемых в дальнейшем A) может быть представлен в виде

$$A = \int_U \mu_A(y)/y \quad (79)$$

где A – нечеткое множество элементов U области рассуждений;

$\mu_A: U \rightarrow [0, 1]$ – функция принадлежности, связывающая с каждым элементом u на U число $\mu_A(u)$ в интервале $[0, 1]$, которое и представляет собой степень принадлежности u к A .

Если носитель множества A состоит из одной точки, то такое нечеткое множество называется нечетким множеством или размытым синглетоном. При конечном числе элементов u нечеткое множество A можно рассматривать как объединение составляющих его синглетов

$$A = \frac{\mu_1}{y_1} + \frac{\mu_2}{y_2} + \dots + \frac{\mu_n}{y_n} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i}{y_i} \quad (80)$$

где μ_i – число из интервала $[0 \dots 1]$, отражающее степень принадлежности элемента y_i к нечеткому множеству A .

Например, если $\mu_i = 0$, то y_i не принадлежит A ; если $\mu_i = 0,15$ то y_i «слабо» принадлежит A ; если $\mu_i = 0,75$, то y_i «сильно» принадлежит A ; если $\mu_i = 1$, то y_i полностью принадлежит A . При этом значения μ_i определяются неформально.

Трудность заключается в том, что эта функция должна быть задана вне самой теории, следовательно, ее адекватность не может быть проверена средствами самой теории. В соответствии с самим смыслом функции принадлежности ее оценка имеет субъективный характер. Среди множества методов построения функций принадлежности нечетких множеств особую значимость

Одним из которых выступает косвенный метод для одного эксперта, который заключается в следующем. На практике часто имеют место случаи, когда трудно проранжировать степень проявления свойств у рассматриваемых элементов из-за отсутствия измеримых свойств. Степени принадлежности рассматриваются на данном реальном множестве, а не в абсолютном смысле. Поэтому интенсивность принадлежности можно определить, исходя из парных сравнений рассматриваемых элементов. Предположим, что степени принадлежности известны:

$$\mu_\delta(U_1) = \omega_i, i = \overline{1, n},$$

Тогда попарные сравнения можно представить матрицей отношений

$$A = [a_{ij}], \quad a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j}; \quad i, j = \overline{1, n}.$$

Если отношения точны, то получается соотношение

$$A\omega = n\omega, \quad \omega = (\omega_1, \dots, \omega_n),$$

где n – собственное значение матрицы A , по которому можно восстановить вектор ω (с учетом нормализации $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$).

Отношения сравнения a_{ij} в реальных условиях неточны, так как для получены эвристическими приемами. Поэтому нужно вычислить оценки для ω . Для улучшения согласованности оценок предполагается, что

$$a_{ij} a_{jk} = a_{ik}, \quad a_{ij} = \frac{\omega_i}{\omega_j},$$

откуда для диагональных элементов $a_{ij} = 1$, а для элементов, симметричных относительно диагонали, $a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}}$, т. е. если элемент оценивается в α раз сильнее чем другой, то этот другой оценивается в $\frac{1}{\alpha}$ сильнее, чем первый. Если имеется полная согласованность в рассуждениях эксперта, то ранг матрицы A равен 1 и для решения достаточно знать элементы только по одну сторону диагонали матрицы A .

В этом случае

$$\sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}\omega_j}{\omega_i} = n, \quad i = \overline{1, n},$$

где n – наибольшее собственное значение матрицы A , а другие собственные значения λ -нулевые, так как

$$\sum_i \lambda_i = \sum_{ij} a_{ij} = n.$$

В общем случае эмпирическая шкала $\omega = (\omega_1, \dots, \omega_n)$ должна удовлетворять задаче поиска наибольшего собственного значения λ_{max} матрицы A . Известно, что собственные значения матрицы являются непрерывными функциями коэффициентов. Следовательно, задача сводится к поиску вектора ω , удовлетворяющего уравнению

$$A\omega = \lambda_{max}\omega.$$

Чем ближе λ_{max} к числу n , тем более верным является результат. Поэтому отклонение λ_{max} от n характеризует меру правильности результата. В процедуре

решения задачи формируется матрица сравнений рассматриваемого множества элементов. Элементы матрицы – это значения, показывающие, во сколько раз данный элемент лучше другого при попарных сравнениях. Так как задача имеет единственное решение, то значения координат вектора решений, деленные на их сумму, будут исходными степенями принадлежности.

При формировании оценок попарных сравнений эксперту нужно, во-первых, установить какой из двух предполагаемых элементов более важен, и во-вторых, оценить интенсивность различия в виде ранга важности по определенной шкале. Предполагается, что элемент с нулевой оценкой при попарном сравнении не рассматривается.

5.6 Задача согласования целей государственного заказчика и производителя образцов вооружения и военной техники

В настоящее время в МО РФ и ОПК управление ЖЦ реализуется в рамках системы управления разработкой, производством и эксплуатацией ВВТ, которая организационно обеспечивает взаимодействие заказчика, эксплуатирующих организаций, ОВУ, организаций ОПК и других участников ЖЦ, осуществляющих его создание и последующую эксплуатацию.

Данная система сформирована в начале 80-х годов прошлого столетия и имеет ряд существенных недостатков, оказывающих значительное влияние на параметры ВВТ и его ЖЦ. К ним следует отнести:

процессы эксплуатации и капитального ремонта регламентированы только в части, касающейся выпуска бюллетеней, проведения авторского и гарантийного надзора предприятиями промышленности, работой по предъявлению рекламаций;

не предусмотрены вопросы документирования и обмена данными по эксплуатационным характеристикам изделий ВВТ;

управление характеристиками изделия на стадии эксплуатации, осуществляется почти исключительно силами заказчика;

ограниченное участие специалистов ОПК в процессах обеспечения эксплуатации изделий ВВТ, развития и сопровождения системы технической эксплуатации изделий;

не регламентировано содержание деятельности по управлению ЖЦ изделий ВВТ, объекты управления, субъекты управления в виде конкретного состава участников ЖЦ, выполняемых ими задач и функций по управлению ЖЦ, порядок взаимодействия заказчика и исполнителя на протяжении полного ЖЦ.

С учетом постоянно возрастающих требований заказчика к целевым параметрам ЖЦ ВВТ возникает потребность в разработке современной автоматизированной информационной системы управления полным жизненным циклом (АИСУ ПЖЦ) систем вооружения, регулирующей управление процессами ЖЦ от момента формирования концепции о необходимости ее создания, до последующего снятия с эксплуатации и списания.

В связи с вышеизложенным представляется актуальной постановка задачи согласования целей заказчика и исполнителя ГОЗ при организации его выполнения, решение которой, в последующем, предполагается за счет функционирования АИСУ ПЖЦ.

Объектом политики заказчика ВВТ является создание образцов ВВТ с требуемыми тактико-техническими характеристиками (ТТХ) $X_{\text{тр}}$ в необходимом для выполнения задач по предназначению количестве $N_{\text{тр}}(X_{\text{тр}})$ за время $T_{\text{зад}}$. Он готов закупать эти образцы по цене $C_{\text{зад}}(X_{\text{тр}})$ за единичный образец. Общий бюджет закупки при этом составит $C_{\text{зад}}(X_{\text{тр}}, N_{\text{тр}}) = C_{\text{зад}} N_{\text{тр}}$.

Исполнитель заинтересован в получении твердого ГОЗа и может обеспечить его выполнение в течение заданного времени T в объеме (количестве) N с военно-техническими характеристиками X . При этом себестоимость единицы его продукции составит $c_1(X)$. Качество выполнения ГОЗ можно оценить следующими показателями – степенью выполнения тактико-технических требований (ТТТ), объемом произведенной продукции N и временем выполнения ГОЗ $T(X, N)$. Введем количественные показатели качества выполнения ГОЗ:

$\Delta_x = \|X - X_{\text{тр}}\|$ – норма отклонения тактико-технических характеристик (ТТХ) образцов ВВТ от тактико-технического задания (ТТЗ);

$\Delta_N = \|N - N_{\text{тр}}\|$ – норма отклонения объема производства ВВТ от заданного;

$\Delta_T = \|T(X, N) - T_{\text{тр}}\|$ – норма отклонения времени выполнения ГОЗ от заданного.

Математический вид норм определяет заказчик образцов ВВТ, исходя из их физического, технического или экономического смысла отклонений параметров ГОЗ.

Целью заказчика при формировании предложений в ГОЗ и организации конкурса на его исполнение является реализация ГОЗ с заданным качеством и минимальными затратами бюджета:

$$\|X^* - X_{\text{тр}}\| \leq \Delta_x^{\text{зад}};$$

$$\|N^* - N_{\text{тр}}\| \leq \Delta_N^{\text{зад}};$$

$$\|T(X^*, N^*) - T_{\text{тр}}\| \leq \Delta_T^{\text{зад}};$$

$$C_{\text{зад}}(X^*) = \min_{i=1, L} C_i(X) \quad (81)$$

где L – число участников конкурса на исполнение ГОЗ;

$\Delta_x^{\text{зад}}, \Delta_N^{\text{зад}}, \Delta_T^{\text{зад}}$, – предельно допустимые отклонения показателей качества выполнения ГОЗ;

X^*, N^* , – фактические значения достигнутых ТТХ и объемов закупок.

Если численные значения ТТХ X^* и объемы закупки по ГОЗ N^* отклонений изменяются случайным образом в силу внешних непредвиденных факторов (экономических санкций, срывов поставок материалов и комплектующих и др.), то

вместо детерминированных неравенств могут быть использованы вероятностные неравенства следующего вида:

$$Pr(\|X^* - X_{\text{тр}}\| < \Delta_x^{\text{зад}}) \geq 1 - \beta, \quad (82)$$

где $Pr(A)$ – символ оценки вероятности реализации случайного события A ;

β – риск заказчика.

Цель исполнителя в условиях рыночной экономики состоит в получении ГОЗ, выполнении его в пределах заданных требований (с учетом возможности получения новых заказов в будущем) и максимизации, получаемой при этом, прибыли:

$$\Delta_c = \max_{X^*, N^*} [C_{\text{зак}} - C(X^*, N^*)];$$

$$\|X^* - X_{\text{тр}}\| \leq \Delta_x^{\text{зад}}; \|N^* - N_{\text{тр}}\| \leq \Delta_N^{\text{зад}}; \|T(X^*, N^*) - T_{\text{тр}}\| \leq \Delta_T^{\text{зад}} \quad (83)$$

В выражении (81) появляется дельта Δ , которую участники ЖЦ могут регулировать за счет снижения стоимости одного образца ВВТ, либо за счет снижения объема поставки ГОЗ. Достижение заданных значений Δ , есть тот разумный компромисс, обеспечивающий согласование политик заказчика и исполнителя [3].

Сформулированные выше задачи представляют собой задачи нелинейного программирования и имеют решение на выпуклом множестве заданных ограничений [7]. Таким образом, совместное решение задач (81), (83) обеспечивает *согласование* целей заказчика и исполнителя при организации выполнения ГОЗ.

Эту задачу субъекты ЖЦ могут успешно и оперативно решать с использованием АИСУ ПЖЦ, создание которой является задачей государственного уровня [8]. В ее решении должны принимать участие все

возможные участники и субъекты управления ЖЦ, представляющие интересы как заказчиков, так и производителей продукции и услуг военного назначения.

Структурно и функционально АИСУ ПЖЦ должна быть федеральной информационной управляющей системой (ИУС) с большой базой данных о различных системах вооружения и услуг, их количественно-качественных характеристиках, производителях и их производственных возможностях.

В проведенном исследовании был обоснован облик СУ ПЖЦ в виде структуры и функций участников ЖЦ. Только на данной системной основе представляется возможным в дальнейшем осуществить следующий шаг по развитию СУ ПЖЦ – автоматизацию процессов ЖЦ, что позволит предупредить охват автоматизацией ложных и лишних функций участников ЖЦ. Система должна иметь высокую надежность и защищенность от кибернетических угроз, высокое быстродействие, иметь разветвленную клиентскую сеть. Создание таких систем является отдельной сложной научно-технической задачей. В Российской Федерации уже есть опыт создания такого рода систем, одними из относительно свежих примеров которой являются Национальный центр управления обороной страны, АСУ МТО «Палас», «Акация-М».

Для создания такой системы важно определить участие в ней всех заинтересованных организаций заказчика и исполнителей ГОЗ, в том числе и определить источники финансирования.

Стоимость создания такой системы будет зависеть от ее технических характеристик и характеристик программного обеспечения решаемых задач. В конечном счете, эти параметры определяют объем базы данных ИУС, выраженный в единицах информации I , ее быстродействие $v = \frac{dI}{dt}$, выраженное через скорость обмена информацией и безотказностью ее функционирования p за установленное время с учетом информационной защищенности, поскольку ИУС должна непрерывно находиться в работе.

Стоимость создания и обеспечения функционирования ИУС определяется, главным образом, именно тремя этими параметрами $C_{\text{сук}}(I, v, p)$.

Общий объем базы данных можно представить, как сумму данных по номенклатуре ВВТ и ее производителях:

$$I = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^L I_{ij}, \quad (84)$$

где I_{ij} – объем информации по i -му типу ВВТ, выпускаемой j -ым головным производителем;

M – номенклатура ВВТ;

L – число головных производителей.

Каждый головной производитель имеет всю необходимую информацию о своих соисполнителях ГОЗ.

Тогда доля информации, необходимой головному исполнителю для выполнения ГОЗа составит:

$$\alpha_j = \frac{\sum_{i=1}^{M_i} I_{ij}}{I}. \quad (85)$$

где α_j – доля информации о ВВТ и их производителях.

Эту долю информации обозначим α_0 . Отнормируем долевые соотношения по использованию информации заказчиком и исполнителями так, чтобы выполнялось равенство:

$$\alpha_0^* + \sum_{j=1}^L \alpha_j^* = 1, \quad (86)$$

где $\alpha_0^* = \frac{\alpha_0}{1+\alpha_0^*}$; $\alpha_j^* = \frac{\alpha_j}{1+\alpha_0}$.

Тогда справедливым распределением затрат на создание корпоративной ИУС будет пропорциональное распределение с коэффициентами α_j^* :

$$C_{cyj} = \alpha_j^* C_{cy}, \quad (j = \overline{0, L}). \quad (87)$$

5.7 Задача поиска новых технических решений в ходе создания образцов вооружения и военной техники

Выбор принципиальной схемы образца ВВТ ставит в ходе разработки задачу: создать конкретную конструкцию образца ВВТ, отвечающую последним и прогнозируемым далее достижениям науки и техники [1]. Создание такой конструкции возможно лишь при тщательном изучении информации о состоянии в настоящее время и тенденциях развития научно-технических и военно-технических идей.

Информация о научных разработках проблем, возможностей, принципов действия и т.д. публикуется как правило, в научно-технических статьях, монографиях, отчетах о НИР, диссертациях, описаниях изобретений и полезных моделей.

Опыт показывает, что необходимое время на прохождение научной идеи от стадии фундаментальных и поисковых исследований через стадии прикладных исследований и опытных конструкторских работ до стадии производственной реализации новых видов вооружения составляет 10-15 лет [2, 3]. Естественно, что за этот период информация, лежащая в основе новейших разработок, устаревает. Поэтому, важнейшей задачей, решаемой при разработке нового образца вооружения, является сокращение цикла практической реализации новейших военно-технических идей. Этого можно добиться, если использовать такую информацию о научных разработках, которая на протяжении длительного времени не теряла бы свою новизну.

Наиболее ценным источником информации является патентная информация, используемая на всех стадиях планирования, исследования, разработки и

производства образца ВВТ, которая дает конкретные технические решения на уровне изобретений.

Под патентной документацией понимают официальные публикации патентных ведомств – описания изобретений к авторским патентам; описание открытий; официальные патентные бюллетени. Изучение патентной документации, ее исследование и анализ позволяют разработчику в сокращенные сроки создать совершенные образцы ВВТ, удовлетворяющие требованиям тактико-технического задания.

Современные образцы ВВТ в целом и их составные части характеризуются большим количеством самых разнообразных параметров. Это затрудняет оценку новизны разрабатываемых конструкций образцов ВВТ, так как по одним параметрам новая разработка может быть лучше существующих аналогов, а по другим хуже.

Следовательно, в ходе создания нового образца ВВТ разработчик должен решить еще одну задачу: на основе изучения патентной документации найти оптимальные пути реализации требований, предъявляемых к образцам ВВТ, а также, используя критерии, определяющие качество разрабатываемого объекта, произвести оценку его новизны.

Решение указанных задач возможно лишь при знании приемов и методов поиска необходимой патентной информации, умении ее исследовать и анализировать.

Патентная документация хранится в фондах, представляющих собой систематизированную совокупность патентных документов со справочно-поисковым аппаратом. Патентные фонды, размещенные в Федеральном институте промышленной собственности (ФИПС), классифицируются по классам.

В основе классификации патентной документации лежит Международная классификация изобретений (МКИ) и Международная патентная классификация (МПК).

Проведение патентного поиска по системе МКИ осуществляется с помощью классификаторов МКИ, состоящих из одиннадцати томов. В целом МКИ

охватывает все сферы материального производства и подразделяет их на восемь разделов, обозначенных заглавными буквами латинского алфавита от А до Н (рисунок 54).



Рисунок 54 – Международная классификация сфер материального производства
Источник: составлено авторами.

Каждый из восьми разделов делится на классы, обозначенные индексами, раздела и двумя арабскими цифрами, например, G06, F01 и т. д. При такой индексации каждый раздел может содержать до девяноста девяти классов. В настоящее время по всем разделам насчитывается 118 классов.

Классы делятся на подклассы, обозначаемые согласными строчными буквами латинского алфавита, прибавляемые к индексу класса, например, G06g, F01k, H02f и т. д.

Подклассы делятся на группы и подгруппы, которые как правило, обозначаются нечетными и четными числами соответственно. Таким образом, полное обозначение индекса изобретения (патента) должно содержать обозначение раздела, класса, подкласса, группы или подгруппы.

Например, необходимо классифицировать совокупность изобретений (патентов) на вводные и выводные устройства вычислительных машин. По классификатору МКИ в разделе G (техническая физика) ищем класс, к которому относятся вычислительные машины – G06.

Далее, в этом классе определяем подкласс вычислительных машин G06g. Следующим шагом поиска является отыскание вводных и выводных устройств вычислительных, т. е. группу и подгруппу. После этого можно записать полное обозначение индекса технического направления поиска. Для рассматриваемого примера оно будет выглядеть так: G06g07/04, где 07 – группа, 04 – подгруппа, к которой относится искомая информационная документация.

Для облегчения нахождения необходимого класса, относящейся к нему рубрикации, а также ускорения тематического поиска целесообразно воспользоваться «Алфавитно-предметным указателем» и «Указателем ключевых терминов» к МКИ.

Следует иметь в виду, что до конца 60-х годов прошлого столетия большинство стран мира использовали свои национальные системы классификации (например, германская, американская, японская, английская и т. д.), которые изложены в соответствующих национальных классификаторах.

Правильно составленная классификация изучаемого технического направления является основанием для оформления заявки на получение патентной документации (массива описаний изобретений и патентов), которая удовлетворяется соответствующим отделом патентного фонда.

Исходя из этого процесс патентного поиска должен включать в себя следующую последовательность этапов (рисунок 55).

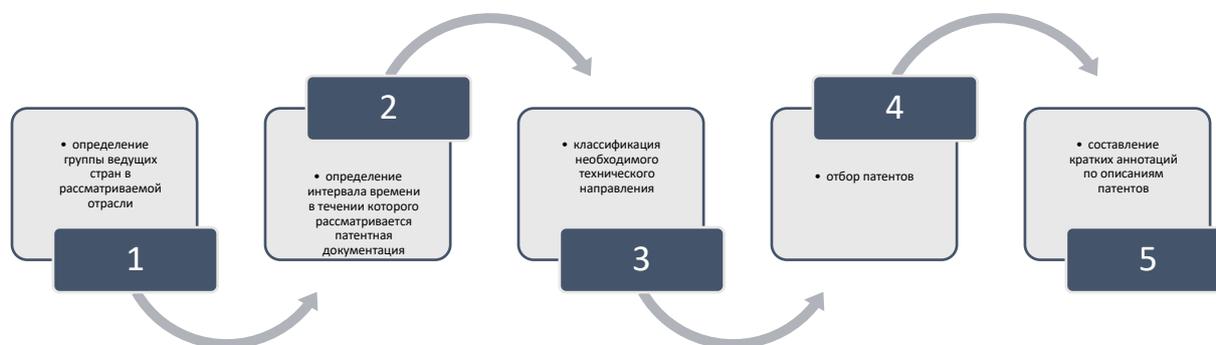


Рисунок 55 – Последовательность патентного поиска

Источник: составлено авторами.

Получаемая таким образом информация, подвергается соответствующему исследованию и анализу, цель которого состоит в:

выявлении закономерности развития интересующих научных направлений, объектов техники и технологических процессов;

определении длительности основных этапов разработки и времени жизни направлений в целом;

установлении принципиально новых или более совершенных технических решений, дающих возможность, в частности, прогнозировать перспективы развития ВВТ.

Патентные исследования проводятся на основании изучения патента, представляющего собой документ, техническая сущность которого изложена в описании. Описание состоит из четырех разделов и формулы изобретения, являющегося юридической частью патента. В первом разделе описания содержится анализ состояния данной области техники на время подачи заявки, во втором – определяются задачи, стоящие перед изобретателем, в третьем – указаны цели изобретения и, наконец, в четвертом – пути их технического достижения. Заключительная часть описания – формула изобретения кратко формулирует новизну заявленного изобретения.

Анализ патентной документации можно условно подразделить на качественный и количественный.

Качественный анализ заключается в выработке рекомендаций по конкретному техническому направлению. Количественный анализ выявляет распределение количеств патентов по странам и годам и тем самым указывает на интерес развитых стран в промышленном отношении стран к разрабатываемому техническому направлению. Количественный анализ в сочетании с другими видами информации позволяет определить время, затрачиваемое на исследование, разработку, внедрение, а также время жизни данного направления и разработки в целом.

Рассмотрим основные элементы качественного и количественного анализа патентной документации. При качественном анализе обращается внимание на дату

подачи заявки, дату выдачи патента, фирму-патентообладателя, страну и дату приоритета (патентования). Это позволяет определить истинную ценность патента в настоящий момент, установить признаки засекречивания изобретения, а также целесообразность проведения собственных разработок. Ссылки в первом разделе описания на предшествующие указывают на преемственность разработок и их направленность. Заявка с подробным изложением второстепенных элементов и экспериментальных данных свидетельствует о том, что составлена она на основе завершённых научно-исследовательских разработок. Если же в заявке на изобретения отсутствуют упоминания об экспериментальных исследованиях, можно полагать, что составление ее связано с начальным этапом разработки, так как большинство данных конструктивного и технологического порядка можно получить лишь на завершающих этапах разработки или при испытании опытного образца. Формула изобретения свидетельствует о степени конструктивной проработки образца. Чем выше степень конструктивной проработки, тем больше заявитель должен предусмотреть элементов, нуждающихся в патентной защите.

В ходе количественного анализа производится распределение отобранного массива патентов по временным периодам, что дает возможность оценить:

время зарождения инновационных решений;

период резкого возрастания количества патентов (характеризуется проведением широкого фронта научных исследований);

момент поступления максимального количества патентов (обуславливает окончание периода исследований);

период, при котором из всего многообразия решений выбираются оптимальные (признаки периода – спад количества поступающих патентов; большая конкретизация изобретательской мысли по сравнению с предыдущим периодом);

период промышленного внедрения лучших технических решений (признак периода – резкое сокращение числа патентов).

ГЛАВА 6. МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

6.1 Метод обоснования иерархической структуры свойств на этапе разработки тактико-технического задания

Научно-технический прогресс в области военных технологий привел к улучшению всего спектра количественных и качественных показателей современных ВВТ. Вместе с тем из-за морального и физического старения их по-прежнему актуальна задача обоснованного задания требований не только к вновь разрабатываемым, но и модернизируемым ВВТ.

Анализ процесса функционирования существующего ВВТ позволяет сделать вывод о неравноценном проявлении его свойств в различных боевых ситуациях. Это указывает на необходимость формирования такой иерархической структуры свойств, которая способствовала бы объективному решению вопроса оценки технического уровня, а следовательно, правильному принятию решения на модернизацию ВВТ.

Пусть функционирование конкретного ВВТК происходит в m ситуациях S_j , $i = \overline{1, m}$. В зависимости от конкретной ситуации ВВТК характеризуется рядом приоритета $I_i = \{1, 2, \dots, n\}$ и вектором приоритета свойств $V_i = \{V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}\}$. Ряд приоритета представляет собой упорядоченное множество свойств и отражает чисто качественное отношение доминирования. Вектор приоритета V_i представляет собой n -мерный вектор, компонентами V_{iq} которого являются бинарные отношения приоритета, определяющие степень превосходства по важности двух соседних свойств P_{iq} и P_{iq+1} , $j = \overline{1, n}$ из ряда приоритета I_i , а именно величина V_{iq} определяет, во сколько раз свойство P_{iq} важнее другого свойства P_{iq+1} . Если $P_{iq} = P_{iq+1}$, то $V_{iq} = 1$.

Для удобства вычислений логично положить $V_{in} = 1$. Вектор V_i устанавливается в результате попарного сравнения свойств P_{ij} ($i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$), предварительно упорядоченных в соответствии с рядом приоритета I_i .

Имея в качестве исходных данных вектора I_i и V_i по всем типовым ситуациям C_i , можно для каждой из них определить вектор весовых коэффициентов $\Lambda_i = \{\lambda_{i1}, \lambda_{i2}, \dots, \lambda_{in}\}$, который представляет собой n -мерный вектор, при этом компоненты его связаны соотношениями

$$\begin{cases} 0 \leq \lambda_{iq} \leq 1, q = \overline{1, n}; \\ \sum_{q=1}^n \lambda_{iq} = 1. \end{cases}$$

Составляющие λ_{iq} вектора Λ_i имеют смысл весовых коэффициентов, определяющих относительное превосходство q -го свойства над остальными, и рассчитываются по зависимости

$$\lambda_{iq} = \frac{\prod_{l=1}^n V_{il}}{\sum_{q=1}^n \prod_{l=q}^n V_{il}}, q = \overline{1, n}; i = \overline{1, n}. \quad (88)$$

В результате получается матрица весов

$$\|\Lambda\| = \begin{vmatrix} \lambda_{11} & \lambda_{12} & \dots & \lambda_{1n} \\ \lambda_{21} & \lambda_{22} & \dots & \lambda_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \lambda_{m1} & \lambda_{m2} & \dots & \lambda_{mn} \end{vmatrix},$$

где λ_{mn} – вес m -го свойства в n -й типовой ситуации функционирования ВВТ.

Чтобы сформировать иерархическую структуру свойств ВВТ, учитывающую различные типовые ситуации функционирования ВВТ и степень их проявления в каждом конкретном случае, необходимо установить обобщенные веса $\lambda_i^*, i = \overline{1, n}$,

всех свойств. Для этого целесообразно воспользоваться энтропийным подходом, который позволяет найти уровень изменчивости любого свойства в пределах условий рассматриваемой задачи.

На основании данных матрицы Λ рассчитывается энтропия j -го свойства

$$H_j = -\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \lambda_{ij} \ln \lambda_{ij} (i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}).$$

Так как, $0 \leq H_j \leq 1 (j = \overline{1, n})$, то очевидно можно определить уровень изменчивости j -го свойства по формуле

$$d_j = 1 - H_j (j = \overline{1, n}).$$

Тогда, обобщенные веса свойств будут рассчитываться с помощью зависимости

$$\alpha_j = \frac{d_j}{\sum_{i=1}^n d_j} (j = \overline{1, n}).$$

6.2 Метод формирования иерархической структуры свойств образца вооружения и военной техники на этапе проектирования

На различных этапах проектирования ракетных комплексов приходится сталкиваться с выбором конструктивных решений, характеризующихся различными свойствами. Проблемный вопрос, связанный с установлением свойств на этапе проектирования и построением их иерархической структуры, до сих пор еще не получил достаточной формализации. Наиболее остро он стоит при анализе нескольких вариантов модернизируемого ВВТ, иерархические структуры свойств которых существенно отличаются от потребной (необходимой). В связи с этим обстоятельством ниже рассматривается подход к решению данного вопроса, базирующийся на экспертной обработке данных, получаемых в ходе проектирования. Сущность его заключается в реализации эвристического алгоритма, приспособленного к решению специфической задачи и состоящего из четырех последовательных этапов.

1. Формирование цели работы (постановка задачи):

ранжирование $\{m\}$ свойств в порядке предпочтительности, исходя из конструкторских проработок, и построение их иерархической структуры.

2. Формирование экспертной группы:

назначается количество экспертов (h);

из их ответов формируется матрица – строка по каждому j -му свойству

$$Y_j = |\tilde{\alpha}_{1j}, \tilde{\alpha}_{2j}, \dots, \tilde{\alpha}_{hj}, |;$$

находится среднее значение оценок группы по j -му свойству

$$\bar{\alpha}_j = \frac{\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{h}; \quad (89)$$

определяется отклонение оценки каждого эксперта от среднего значения оценок группы по всем j -м свойствам

$$\Delta_{tj} = |\tilde{\alpha}_{tj} - \bar{\alpha}_j|,$$

в результате формируется матрица отклонений

$$D = \left\| D_j \right\| = \left\| \begin{array}{cccc} \Delta_{11} & \Delta_{21} & \dots & \Delta_{h1} \\ \Delta_{12} & \Delta_{22} & \dots & \Delta_{h2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{1m} & \Delta_{2m} & \dots & \Delta_{im} \end{array} \right\|;$$

находится среднее отклонение оценок каждого эксперта по всем свойствам от среднего значения оценок группы

$$\bar{\Delta}_t = \frac{\sum_{t=1}^h \Delta_j}{m}; \quad (90)$$

в результате получается матрица-строка $\bar{D} = [\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_h]$;

эксперты нумеруются по мере удаления их оценок от среднего значения оценок группы. В итоге устанавливается кортеж их предпочтения

$$\bar{D}^* = \langle \bar{\Delta}_1^*, \bar{\Delta}_2^*, \dots, \bar{\Delta}_h^* \rangle;$$

принимается значение коэффициента конкордации, как правило, он берется равным 0.5 ($\Phi = 0.5$). При $\Phi < 0.5$ экспертная группа переформируется путем исключения из списка последних номеров экспертов, у которых наблюдается резкое отклонение ответов от среднего мнения группы.

3. Формирование правил работы экспертной группы:

упорядочиваются свойства, начиная с наименее важного

$$x_1 < x_2 < \dots < x_m;$$

приписываются ранги $\tilde{\alpha}_j$

$$\tilde{\alpha}_j = 1; \tilde{\alpha}_j = 2; \dots; \tilde{\alpha}_m = m;$$

определяются весовые коэффициенты свойств $x_j (j = \overline{1, m})$ по формуле

$$\alpha_j = \frac{\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}. \quad (91)$$

4. Оценка степени согласованности мнений экспертов:

результаты ранжирования представляются в виде матрицы рангов;

определяется сумма рангов по каждому j -му свойству в соответствии с выражением

$$Q_j = \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}. \quad (92)$$

вычисляется средняя сумма рангов:

$$T = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m}. \quad (93)$$

находится отклонение суммы рангов каждого свойства от средней величины:

$$\delta_j = Q_j - T = \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m} \right); \quad (94)$$

определяется квадрат отклонения суммы рангов:

$$\delta_j^2 = (Q_j - T)^2 = \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m} \right)^2; \quad (95)$$

рассчитывается сумма квадратов отклонений:

$$S_E = \sum_{j=1}^m \delta_j^2 = \sum_{j=1}^m (Q_j - T)^2 = \sum_{j=1}^m \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m} \right)^2; \quad (96)$$

определяется коэффициент конкордации:

$$\Phi = \frac{12S_E}{h^2(m^3 - m)} = \frac{12 \sum_{j=1}^m \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m} \right)^2}{h^2(m^3 - m)}. \quad (97)$$

Если $\Phi > 0.5$, то существует достаточная степень согласованности между мнениями экспертов. Если $\Phi < 0.5$, то группа экспертов корректируется путем исключения последнего эксперта в кортеже, пересчитывается коэффициент конкордации и т.д., до получения нужной степени согласованности.

Если эксперт не может указать порядок убывания двух или нескольких свойств, он приписывает каждому из них одинаковый ранг.

В этом случае коэффициент конкордации вычисляют по зависимости:

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{S_E}{\frac{1}{12}h^2(m^3 - m) - h \sum_{t=1}^h T_t} \\ &= \frac{12 \sum_{j=1}^m \left(\sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj} - \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^h \tilde{\alpha}_{tj}}{m} \right)}{\frac{1}{12}h^2(m^3 - m) - \frac{1}{12}h \sum_{t=1}^h \sum_{j=1}^m (Z_j^3 - Z_j)}, \end{aligned} \quad (98)$$

где Z_j – число одинаковых рангов в t -м ранжировании.

6.3 Метод оценки технического уровня модернизируемого образца вооружения и военной техники

Обоснование номенклатуры единичных показателей

Рассматриваемый алгоритм реализует адаптивный случайный поиск наиболее информативной подсистемы показателей из их общей совокупности (системы). В данном случае при случайном поиске производится «поощрение» и «наказание» отдельных показателей из системы a_1, a_2, \dots, a_n в зависимости от результатов испытаний различных подсистем. Для чего производится L групп испытаний по k испытаний в каждой группе ($Lk = T, T \leq C_n^m$).

Подсистемы первой группы выбираются случайно в соответствии с распределением $p_0(n) = 1/C_n^m$. Для этого используют датчик случайных чисел с равномерным законом распределения в интервале $[0,1]$, который разбивается на n равных отрезков. Первый отрезок ставится в соответствие a_1 , второй a_2 и т.д.

Вероятность выбора показателя a_j равна $p_j = 1/n$. Вектор-индикатор номенклатуры показателей $U = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ определяется следующим образом. Датчиком случайных чисел выбирается число α . Последовательно суммируются вероятности

$$S_\mu = \sum_{j=1}^{\mu} p_j, \quad (99)$$

(p_j – вероятность выбора отрезка) до тех пор, пока величина S_μ не станет больше или равна α . Для соответствующего значения μ полагаем $u_\mu = 1$. Далее, вероятности выбора различных отрезков на интервале $[0,1]$ необходимо изменить:

$$p'_\mu = 0, p'_j = p_j / (1 - p_\mu)$$

Для $j = 1, 2, \dots, n; j \neq \mu$. Аналогично получаются и другие единичные компоненты вектора U . Причем, выбираются те m из n , которые соответствуют единичным компонентам вектора U .

Для определенности, например, можно считать, что требуется найти минимум критерия $F(U)$. Тогда, для рассматриваемой подсистемы необходимо вычислить значение F^1 . После получения первой группы случайно выбранных векторов U^1, U^2, \dots, U^k , определяются

$$F_{min}^1 = \min F^q, \quad F_{max}^1 = \max F^q \quad q = \overline{1, k},$$

запоминаются векторы U_{min}^1 и U_{max}^1 , при которых получены F_{min}^1 и F_{max}^1 .

Адаптация сводится к изменению вектора вероятностей $p = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ выбора показателей на последующих этапах поиска в зависимости от результатов предыдущих этапов. Так, после первой группы из k случайно выбранных подсистем вектор вероятностей p^1 из первоначального $p^0 = (1/n, \dots, 1/n)$ получается следующим образом: если $U_{jmax}^1 = 0$, то $p_j^1 = p_j^0$; при $U_{jmax}^1 = 1$ $p_j^1 = p_j^0 - \delta$, если $p_j - \delta > 0$; наконец, $p_j^1 = 0$, если $p_j - \delta \leq 0$. Через δ обозначен шаг «наказания». Далее следует «поощрение» показателей соответствующих $U_{min}^1 = 1$ для $o = \overline{1, n}$. Устанавливается шаг «поощрения» $\delta^+ = H/m$, где H – суммарное наказание показателей. К вероятности показателя, соответствующего $U_{min}^1 = 1$, прибавляется δ^+ .

Вторая группа из k подсистем выбирается случайно в соответствии с вектором p^1 . Вектор p^2 получается из p^1 по описанной схеме, вектор p^3 из p^2 и т.д. Таким образом, образуется L групп по k подсистем показателей в каждой. За эффективную принимается та подсистема, при которой

$$F_{min} = \min F_{min}^\gamma, \quad \gamma = \overline{1, L}. \quad (100)$$

После перебора, ряда групп вероятность выбора показателей, часто встречающихся в удачных сочетаниях, становится существенно больше других. Их отрезки занимают почти весь интервал $[0,1]$. В результате будет доминировать одна и та же подсистема показателей.

При построении данного алгоритма использовалась эмпирическая гипотеза: показатели входящие в наиболее информативную подсистему, чаще встречаются в подсистемах, близких к ней по критерию F , и, наоборот, показатели, входящие в самую неинформативную подсистему, чаще встречаются в подсистемах, близких к ней по данному критерию. Число k должно быть выбрано по возможности минимальным, но одновременно достаточным для того, чтобы наилучшая в группе подсистема была бы близкой к оптимальной подсистеме, наихудшая в группе - к самой неинформативной. Другими словами, число k выбирается таким, чтобы между значениями F_{min}^Y и F_{max}^Y данной группы заключалась основная часть подсистем. Это эквивалентно тому, чтобы вероятность

$$P_k = \{F \equiv [F_{min}^Y, F_{max}^Y]\} \geq \beta. \quad (101)$$

Из теории статистики экстремальных значений следует, что достоверность P получения этого неравенства, значение β и число k связаны соотношением

$$P = 1 - k\beta^{k-1} + (k-1)\beta^k. \quad (102)$$

Например, для $P = 0.989$, $\beta = 0.5$, число $k = 10$.

Если данная гипотеза верна, то увеличивая вероятность выбора показателей, входящих в лучшую выбранную подсистему, исследователь тем самым увеличивает вероятность выбора подсистем, близких к наилучшей, а «наказывая» показатели входящие в наихудшую из подсистем, он уменьшает вероятность выбора неинформативных подсистем. Это ускоряет сходимость поиска к наилучшей подсистеме.

Величина параметра δ , задающего степень адаптации, задается такой, чтобы при заданном L вероятность выбора показателя, если он будет «наказываться» после каждой группы испытаний, оставалась бы не меньше значения p_{min} ($p_{min} \approx 1/10^n$). Отсюда

$$\delta = \frac{1-p_{min}}{Ln}. \quad (103)$$

Иллюстрация работы алгоритма осуществляется на конкретном примере. В качестве исходной совокупности единичных показателей $a_j, j = \overline{1,10}$ выступают тактико-технические характеристики ВВТ. Нормированные значения r_j единичных показателей a_j представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Нормированные значения единичных показателей

r_1	r_2	r_3	r_4	r_5	r_6	r_7	r_8	r_9	r_{10}
0.90	0.87	0.54	0.23	0.75	0.75	0.69	0.17	0.99	0.74

Кроме того, заданы дополнительные исходные данные: требуемое количество единичных показателей $m = 3$; шаг «наказания» $\delta = 0,03$; количество групп испытаний $L = 12$; количество испытаний в каждой группе $k = 10$.

В качестве критерия F выбрана зависимость для вычисления комплексного показателя технического уровня ракетного комплекса вида

$$F = R_0 = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} r_i^0 = \frac{1}{N_k} \sum_{i=1}^{N_k} 2^{N_k-1} \sqrt{\prod_{i=1}^{N_k} r_i^{2^p}}, \quad (104)$$

вывод которой приводится ниже.

Результаты проведенного вычислительного эксперимента по обоснованию номенклатуры единичных показателей представлены в таблице 20.

Анализ результатов таблице 20 позволяет сделать некоторые выводы:

Критерий $F_{min} = 0.281$ при $m = 3$ достигнут при следующих показателях: r_3, r_4 , и r_8 ;

сходимость данных эксперимента наблюдается уже после восьмой группы испытаний.

Таблица 20 – Результаты вычислительного эксперимента

№ груп.	$\frac{p^Y}{U_{min}^Y}$										F_{min}^Y
	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	<u>0.10</u>	
1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0.416
2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0.317
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281
4	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0.317
5	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0.336
6	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0.317
7	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0.317
8	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281
9	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281
10	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281
11	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281
12	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0.281

Формирование комплексного показателя технического уровня

При анализе вариантов модернизируемого образца ВВТ необходимы методы для оценки ТУ. Наибольшее распространение получили мультипликативный и аддитивный методы. Первый из них имеет существенные недостатки, в силу которых он менее предпочтителен к использованию. Второй – нашел более широкое распространение и предполагает получение обобщенного показателя в виде суммы единичных

$$R_0 = \sum_{i=1}^N K_i r_i, \quad (105)$$

где N – число показателей, находящихся на нижнем уровне иерархии; K_i – коэффициент весомости показателя i -го свойства (каждое свойство характеризуется одним или несколькими единичными показателями).

Проблема заключается в том, чтобы выразить в комплексном показателе определенные количества различных по качеству свойств. Для того, чтобы сравнить различные количества разнокачественных показателей, их необходимо привести к безразмерной шкале (каждому показателю a_i , имеющему размерность и свою шкалу измерения, ставится в однозначное соответствие безразмерный показатель r_i). Очевидно, что при эксплуатации ВВТ каждый i -ый единичный показатель может оставаться постоянным (показатели патентоспособности), принимать ряд дискретных значений (скорострельность, скорость движения) или изменяться непрерывно (мощность на валу двигателя и др.)

$$a_{i \min} \leq a_{ij} \leq a_{i \max}, \quad i = \overline{1, N}, \quad j = \overline{1, m},$$

где m – число дискретных значений, которые показатель принимает в ходе эксплуатации; $a_{i \min}, a_{i \max}$ – предельные значения показателя, определяемые техническими условиями (возможностями); a_{ij} – j -е значение i -го показателя.

В диапазоне $[a_{i \min}, a_{i \max}]$ каждому j -му значению i -го показателя соответствует вероятность того, что это значение реализуется в процессе эксплуатации ВВТ, которая описывается функцией плотности распределения вероятностей $\varphi_i(a_{ij})$. В общем случае диапазон изменения i -го показателя в образце может быть меньше, чем диапазон $[a_{i \min}, a_{i \max}]$

$$a_{i \min} < a_{iH}; a_{iB} < a_{i \max},$$

где a_{iH}, a_{iB} , – предельные (нижнее и верхнее) значения показателя i -го свойства.

Следовательно, безразмерный показатель r_i , выражающий соотношение достигнутого к необходимому, нетрудно определить из выражения

$$r_i = \int_{a_{iH}}^{a_{iB}} \varphi_i(a_{ij}) da_{ij}. \quad (106)$$

Здесь $0 \leq r_i \leq 1$.

В случае равномерного распределения получаем (как частный случай формулы (2.8) известные способы перехода к безразмерным показателям

$$r_i = \frac{a_{iB} - a_{iH}}{a_{i \max} - a_{i \min}};$$

если $a_{i \min} = a_{iH} = 0$, то $r_i = \frac{a_{iB}}{a_{i \max}}$.

Очевидно, что далее необходимо рассчитать коэффициенты весомости K_i . При этом следует учесть, что коэффициент весомости любого i -го показателя K_i отражает относительную весомость (важность) одной единицы r_i по отношению к другим безразмерным показателям, находящимся на одном уровне иерархии. Любое свойство ВВТ становится реальностью, будучи отраженным в каком-либо показателе. Следовательно, весомость, характеризующая важность i -го свойства по

отношению к совокупности других свойств, зависит от показателей этих свойств, т.е. $K_i = F(r_1, r_2, \dots, r_n)$.

Естественно, что для конкретного оцениваемого ВВТ произведение $K_i r_i$ есть величина постоянная. Сомножители произведения (K_i и r_i) могут принимать любые значения в зависимости от выбора системы координат, но такие, что при любых преобразованиях

$$K_i^{j_k} r_i^{j_k} = \text{const}_i, \quad (107)$$

где j_k – номер системы координат или номер преобразования.

Выражение (2.9) иллюстрирует инвариантность количественной оценки свойства $K_i r_i$ относительно преобразований. Если рассматривать с позиций инвариантности (2.9) вклад каждого из двух свойств, входящих в комплексное свойство более высокого уровня иерархии, то очевидно, что этот вклад будет различен в общем случае. Неравноценность вклада ΔR также инвариантна относительно уравнений преобразования

$$\Delta R = K_i r_i - K_{i-1} r_{i-1} \quad (108)$$

Это обусловлено одним из трех сочетаний показателей и весомостей

$$\begin{aligned} K_i &\neq K_{i-1}, \quad r_i \neq r_{i-1}; \\ K_i &\neq K_{i-1}, \quad r_i = r_{i-1}; \\ K_i &= K_{i-1}, \quad r_i \neq r_{i-1}. \end{aligned}$$

Как видно, необходимо детально исследовать преобразования (108) в каждом из трех случаев. Для этой цели целесообразно взять систему координат K, r , в которой комплексный показатель R_0 определяется суммой показателей r_i , имеющих весомость K_0 :

$$R_k = \sum_{i=1}^N K_0 r_i^0 = \sum_{i=1}^N K_i r_i.$$

Из условия инвариантности вытекает

$$K_i = K_0 \frac{r_i^0}{r_i}. \quad (109)$$

Чтобы установить связь между разновесомыми r_i и имеющими равные весомости K_0 показателями r_i^0 и далее определить по равенству (109) K_i , требуется рассмотреть один частный случай. Пусть $N = 2$, $\Delta R > 0$, т.е. $r_1 < r_2$ и $r_1^0 < r_2^0$, тогда выражение (109) примет вид

$$\Delta R = (r_2^0 - r_1^0)K_0. \quad (110)$$

Неравноценность, выраженная в разности весомостей каждого из свойств при показателях r_1^0 и r_2^0 , находится по формулам

$$\Delta R = (K_1 - K_0)r_1^0; \quad (111)$$

$$\Delta R = (K_0 - K_2)r_2^0. \quad (112)$$

Неравноценность разновесомых показателей рассчитывается с помощью выражения

$$\Delta R = K_2 r_2 - K_1 r_1. \quad (113)$$

Подставив значение ΔR из формулы (110) в зависимости (111) и (112), получают два соотношения

$$K_1 r_1^0 = K_0 r_2^0;$$

$$K_2 r_2^0 = K_0 r_1^0.$$

Сравнивая формулы (111) и (112), легко прийти к уравнению

$$K_0 r_2^0 - K_0 r_1^0 = K_2 r_2 - K_1 r_1,$$

из которого в силу условия (2.11) следуют формулы

$$K_1 r_1 = K_0 r_1^0;$$

$$K_2 r_2 = K_0 r_2^0.$$

Так как все коэффициенты и показатели связаны инвариантностью (108), то определение показателей r_1^0 , r_2^0 , приведенных к весомости K_0 , должно осуществляться путем совместного решения системы четырех уравнений

$$K_1 r_1^0 = K_0 r_2^0;$$

$$K_2 r_2^0 = K_0 r_1^0;$$

$$K_1 r_1 = K_0 r_1^0; \tag{114}$$

$$K_2 r_2 = K_0 r_2^0.$$

Решая систему (114) относительно r_1^0 , r_2^0 можно получить, что

$$r_1^0 = \sqrt[3]{r_1^2 r_2}; \quad r_2^0 = \sqrt[3]{r_1 r_2^2}.$$

Тогда уравнение (114) будет иметь вид

$$K_1 = K_0 \sqrt[3]{r_1^2 r_2} (r_1)^{-1} \quad \text{для } i = 1;$$

$$K_2 = K_0 \sqrt[3]{r_1 r_2^2} (r_2)^{-1} \quad \text{для } i = 2. \quad (115)$$

В уравнениях (114) весомости K_1 и K_2 выражены через безразмерные показатели свойств r_1 , r_2 , которые известны по условию, и неизвестную постоянную K_0 .

Комплексный показатель в этом случае есть соотношение

$$R_0 = K_0 \left(\sqrt[3]{r_1^2 r_2} + \sqrt[3]{r_1 r_2^2} \right). \quad (116)$$

Как видно из (116), R_0 выражается суммой степенных функций безразмерных показателей и постоянной K_0 . Так как стоит задача оценки уровня качества, а не вычисления абсолютного значения R_0 , то вполне допустимо произвольно выбранную весомость (постоянную K_0) оставить неизвестной величиной.

Приведенные выше математические выкладки сделаны при ряде ограничений, налагаемых на соотношения между показателями и между весомостями. Если рассматривать более общий случай $|\Delta R|$ и не накладывать ограничения на соотношения между показателями и весомостями, то возможны системы уравнений, отличные от (114). Однако, условиям непрерывности внутри диапазона изменения безразмерных показателей $0 \leq r_i \leq 1$ и условию независимости показателей отвечает лишь система (114) и соответствующие ей соотношения весомостей и показателей. В противном случае инвариантность (не существует, а, следовательно, применение аддитивной формы комплексного показателя неправомерно.

Если комплексный показатель определяется тремя, четырьмя и большим числом показателей, то по аналогии с предыдущим составляется система шести, восьми и т.д. уравнений, решение которой для любого r_i^0 имеет вид

$$r_i^0 = \sqrt[2^{N_k-1}]{\prod_{i=1}^{N_k} r_i^{2^p}} \quad (117)$$

Здесь N_k – число безразмерных показателей, составляющих комплексный показатель; p - переменный показатель степени, значение которого определяется из квадратной таблицы-матрицы:

$$\begin{array}{cccccc} 1 & 2 & 3 & \dots & N_k & \\ \\ r_1^0 & \left\| \begin{array}{ccccc} N_k - 1 & N_k - 2 & N_k - 3 & \dots & 0 \\ 0 & N_k - 1 & N_k - 2 & \dots & 1 \\ 1 & 0 & N_k - 1 & \dots & 2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ N_k - 2 & N_k - 3 & N_k - 4 & \dots & N_k - 1 \end{array} \right. & & \\ r_2^0 & & & & & \\ r_3^0 & & & & & \\ \dots & & & & & \\ r_{N_k}^0 & & & & & \end{array} .$$

Комплексный показатель находится с помощью выражения

$$R'_0 = \frac{R_0}{K_0} = \frac{1}{N_K} \sum_{i=1}^{N_K} r_i^0 = \frac{1}{N_K} \sum_{i=1}^{N_K} \sqrt[2^{N_k-1}]{\prod_{i=1}^{N_k} r_i^{2^p}}, \quad (118)$$

где R'_0 – комплексный показатель, отнесенный к весомости K_0 .

Коэффициент $\frac{1}{N_K}$ введен в формулу (118) для того, чтобы независимо от числа N_K

значение комплексного показателя было в пределах $0 \dots 1$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в книге вопросы, связанные с системными исследованиями создания и эксплуатации вооружения и военной техники, составляют лишь часть вопросов, связанных с разработкой облика системы управления полным жизненным циклом. Отчасти это связано, со сложностью исследуемых процессов и многообразием вооружения и военной техники, с другой со спецификой рассматриваемой предметной области. Помимо организационно-технических аспектов, востребована более глубокая научная проработка военно-экономических вопросов и вопросов системной инженерии. Тем не менее, актуальность данных проблемных вопросов остается высокой и требует дальнейшего рассмотрения в соответствующих трудах.

Содержание данной книги не следует рассматривать как практическое руководство к действию. Авторы, прежде всего, преследовали цель заострить внимание читателя на вопросе о важности интеграции всех участников полного жизненного цикла технических сложных образцов вооружения в интересах повышения его совокупной эффективности. Решение данной сложной актуальной задачи, возможно лишь с использованием системного подхода.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АД	–	анализ данных
АКП	–	автоматизированный каталог показателей
АП	–	аванпроект
АСУ	–	автоматизированная система управления
ВНК	–	Военно-научный комитет Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации
ВП	–	Военное представительство Министерства обороны Российской Федерации
ВПр	–	виртуальное предприятие
ВТ	–	военная техника
ВВТ	–	вооружение и военная техника
ВС РФ	–	Вооруженные Силы Российской Федерации
ГАБТУ	–	Главное автобронетанковое управление Министерства обороны Российской Федерации
ГИ	–	головной исполнитель
ГОЗ	–	Государственный оборонный заказ
ГосИ	–	государственные испытания
ГРАУ	–	Главное ракетно-артиллерийское управление Министерства обороны Российской Федерации
ГУ БП	–	Главное управление боевой подготовки Вооруженных Сил Российской Федерации
ГЧП	–	государственно-частное партнерство
ДОВУ	–	довольствующий орган военного управления
ЕИП	–	единое информационное пространство
ЕСКД	–	единая система конструкторской документации
ЕСПД	–	единая система программной документации
ЖЦ	–	жизненный цикл
ЗИП	–	запасные инструменты и принадлежности

ЗОВУ	–	заказывающий орган военного управления
ИСО	–	Международная организация по стандартизации
ИИС	–	интегрированная информационная среда
ИСУ	–	интегрированная система управления жизненным циклом вооружения и военной техники
ИТ	–	информационные технологии
КБ	–	конструкторское бюро
КТ	–	контрольная точка
ЛПР	–	лицо, принимающее решение
МО РФ	–	Министерство обороны Российской Федерации
НИИ	–	научно-исследовательский институт
НИО	–	научно-исследовательская организация
НИР	–	научно-исследовательская работа
НИОКР	–	научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ОБУ	–	объект управления
ОВУ	–	органы военного управления
ОКР	–	опытно-конструкторские работы
ОО	–	опытный образец
ОПК	–	оборонно-промышленный комплекс
ОТТ	–	общие технические требования
ОУ	–	орган управления
ПИ	–	предварительные испытания
ПО	–	программное обеспечение
ПС	–	проблемная ситуация
РКД	–	рабочая конструкторская документация
РП	–	руководитель проекта
СМК	–	система менеджмента качества
СРПП ВТ	–	система разработки и постановки на производство

СУ ПЖЦ	– система управления полным жизненным циклом ракетного комплекса Сухопутных войск
СЧ	– составная часть
ТЗ	– техническое задание
ТОиР	– техническое обслуживание и ремонт
ТП	– технический проект
ТТЗ	– тактико-техническое задание
ТТТ	– тактико-технические требования
УИС	– управленческая информационная система
ЭП	– эскизный проект
ЭТХ	– эксплуатационно-технические характеристики
DAS	Defense Acquisition System (система военных закупок)
JCIDS	Joint Capabilities Integration and Development System (объединенная система обеспечения интеграции и разработки военной техники)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аврамчук, Е. Ф. Технология системного моделирования / Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др. // Машиностроение. – М.: 1988. – 235 с.
2. Азгальдов, Г. Г. О квалиметрии / Г. Г. Азгальдов, Э. П. Райхман. – М.: Изд-во стандартов, 1973. – 172 с.
3. Азгальдов, Г. Г. Квалиметрия для всех: учеб. пособие/ Г. Г. Азгальдов, А. В. Костин, В. В. Садовов. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
4. Азгальдов, Г. Г. Теория и практика оценки товаров (основы квалиметрии). – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
5. Анализ МТО войск (сил) в ходе подготовки и проведения операции по ликвидации террористических организаций в Сирийской Арабской Республике: военно-теоретический труд. – Москва – аэропорт Хмеймим (САР): СПб, ВА МТО, 2016. – 123 с.
6. Андрианов, Ю. М. Квалиметрия в приборостроении и машиностроении / Ю. М. Андрианов, А. И. Субетто. – Л.: Машиностроение, 1990. – 216 с.
7. Анисимов, Е. Г. Сущность и проблемы управления обеспечением безопасности и обороной государства / Е. Г. Анисимов и др. // Известия РАРАН. – 2016. – № 3 (93). – С. 3 – 10.
8. Анисимов, В. Г. Математические методы и модели в военно-научных исследованиях (в двух частях) / часть 1 / В. Г. Анисимов, Е. Г. Анисимов, М. Н. Осипенков, А. А. Селиванов, С. В. Чварков. – М.: Военная академия Генерального штаба Вооруженных Сил Российской Федерации, 2017. – 362 с.
9. Анисимов, В. Г. Математические методы и модели в военно-научных исследованиях (в двух частях) / часть 2 / В. Г. Анисимов, Е. Г. Анисимов, М. Н. Осипенков, А. А. Селиванов, С. В. Чварков. – М.: ВАГШ, 2017. – 466 с.

10. Анисимов, В. Г. и др. Методы и модели оптимизации в управлении развитием сложных технических систем / В. Г. Анисимов и др. – СПб: Политехника, 2004. – 279 с.
11. Антонов, А. В. Системный анализ. – М.: Высшая школа, 2004. – 452 с.
12. Архипов, А. В. Функционально-структурный анализ процессов управления жизненным циклом сложных технических объектов – ключевой этап создания систем ИПИИ-технологий / А. В. Архипов, В. Д. Котенев, В. А. Павлов // Материалы Междунар. конф. «Информационные технологии в управлении жизненным циклом изделий», (Санкт-Петербург, 25 – 26 ноября 2003 г.) М.: 2003. С. 5 – 7.
13. Афанасьева, О. В. Теория и практика моделирования сложных систем: учебное пособие / О. В. Афанасьева, Е. С. Голик, Д. А. Первухин. – СПб: СЗТУ, 2005. 132 с.
14. Ахмин, А. М. Основы управления качеством продукции / А. М. Ахмин, Д. П. Гасюк // СПб.: Союз, 2002. – 192 с.
15. Ахьюджа, Х. Сетевые методы управления в проектировании и производстве. – М.: Мир, 1979. – 639 с.
16. Баранов, Ю. Г. Методы принятия управленческих решений: учебное пособие / Псков: ПГУ, 2013. – 176 с.
17. Барзилович, Е. Ю. Модели технического обслуживания сложных систем: учебное пособие / Е. Ю. Барзилович. – М.: Высшая школа, 1982. – 231 с.
18. Барзилович, Е. Ю. Эксплуатация авиационных систем по состоянию: (Элементы теории) / Е. Ю. Барзилович, В. Ф. Воскобоев. – М.: Транспорт, 1981. – 197 с.
19. Баронин, С. А. Контракты жизненного цикла: понятийный анализ, зарубежный опыт и перспективы развития в России / С. А. Баронин, А. Г. Янков // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=11588> (дата обращения: 02.10.2019).
20. Батоврин, В. К. Управление жизненным циклом технических систем: серия докладов (зеленых книг) в рамках проекта «Промышленный и

технологический форсайт Российской Федерации» / В. К. Батоврин, Д. А. Бахтурин // «Центр стратегических разработок «Северо-Запад» – (Серия докладов в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации») – СПб, 2012. – Вып. 1. – 59 с.

21. Белоконов, Г. П. Философия и военная наука // Военная мысль. 2002. № 5. С. 67 – 71.

22. Бережной, Я. Д. Цифровая модель корабля – основа управления его жизненным циклом / Материалы докладов Научно-практического круглого стола ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана» в рамках в рамках VI Международного военно-технического форума «АРМИЯ-2020» «Системы управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции в машиностроении: новые источники роста» .М.: 2020.

23. Бергаланфи, Л. История и статус общей теории систем // Системные исследования: Ежегодное издание, 1972. – М.: Наука, 1973. – С. 20 – 37.

24. Бергаланфи, Л. Общая теория систем: критический обзор // Исследования по общей теории систем. – М.: Прогресс, 1969. – С. 23 – 82.

25. Бир, С. Кибернетика и менеджмент. М.: УРСС, 2007. – 246 с.

26. Блауберг, И. В., Юдин, Э. Г. Становление и сущность системного подхода. – М.: Наука, 1973.-112 с.

27. Богданов, С. А. О структуре и содержании военной науки на современном этапе развития военной мысли // Военная Мысль. – 2004. –№ 5.

28. Боговик, А. В. Эффективность систем военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб.: ВАС, 2006 – 183 с.

29. Болдырев, О. А., Курбанов А. Х. Направления совершенствования взаимодействия органов военного управления и гражданских поставщиков инновационной и модернизированной военно-технической продукции / О. А. Болдырев, А. Х. Курбанов // Экономика и менеджмент систем управления. 2018. № 3. С. 13 – 19.

30. Борисов, Ю. И. Основные направления развития вооружения, военной и специальной техники [Электронный ресурс] / Ю. И. Борисов // Оборонный комплекс РФ: состояние и перспективы развития. – 2018. – Режим доступа: <http://council.gov.ru/activity/documents/99488/>. (дата обращения 19.09.2020)
31. Бочаров, В. В. ГОСТ РВ 0015-002-2012 и ГОСТ Р ЕН 9100-2011: что выбрать предприятию ОПК для совершенствования СМК? // Стандарты и качество. 2013. № 5 (911). С. 38 – 42.
32. Бочарова, С. В. Совершенствование СМК: четыре основных направления // Стандарты и качество. 2015. № 6 (936). С. 88 – 89.
33. Бочуров, А. А. Вопросы экономической безопасности в оборонно-промышленном комплексе / А. А. Бочуров, А. Х. Курбанов, А. Н. Литвиненко // Управленческое консультирование № 3. СПб. – 2018. С. 41 – 51.
34. Брежнев, Д. Ю. Методы поддержания заданных уровней боевой готовности зенитного ракетного вооружения / Д. Ю. Брежнев // Военная мысль. – 2019. – № 4. – С. 87-92.
35. Брежнев Д. Ю. Методический подход к моделированию обеспечения сложных технических систем запасными частями / Р. В. Допира, Д. Ю. Брежнев, А. А. Сударииков // Программные продукты и системы. – 2018. – № 2. – С. 374-381.
36. Буравлев, А. И. Методические основы обоснования количественных параметров вооруженных сил по критерию «эффективность-стоимость» / А. И. Буравлев, В. М. Буренок // Вооружение и экономика. – 2014. – №4 (29).
37. Буравлев, А. И. Методика оценки технического уровня парка вооружения и военной техники в ходе реализации программных мероприятий по ее закупке и ремонту / А. И. Буравлев, С. А. Монин // Вооружение и экономика. – 2012. – № 1(17). – С. 8-13.
38. Буравлев, А. И. Управление высокотехнологичными проектами на стадии НИОКР / А. И. Буравлев // Вооружение и экономика. – 2015. – № 3(32). – С. 39-47.

39. Буравлев, А. И. Управление техническим обеспечением жизненного цикла вооружения и военной техники / М: Издательский дом «Граница», 2015. – 304с.
40. Буренок, В. М. Концептуальный тупик / В. М. Буренок // Вооружение и экономика. 2019 3 (49). С. 4 – 10.
41. Буренок, В. М. Механизмы управления производством продукции военного назначения / В. М. Буренок, Г. А. Лавринов, Е. Ю. Хрусталева; Центр. Экон.-мат. ин-т РАН. – М.: Наука, 2006. – 303 с.
42. Буренок, В. М. Оценка стоимостных показателей высокотехнологичной продукции – М.: Издательская группа «Граница», 2012. – 424 с.
43. Буренок, В. М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники / В. М. Буренок // Вооружение и экономика. 2014 2 (27). С. 4 – 9.
44. Буренок, В. М. Теория вооружения: учебное пособие / В. М. Буренок, В. М. Ляпунов, В. И. Мудров; под общ. Ред. А. А. Рахманова. – М.: 2002. –158 с.
45. Буренок, В. М. Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / В. М. Буренок, В. М. Ляпунов, В. И. Мудров, под ред. А. М. Московского // М.: Изд-во «Вооружение. Политика. Конверсия», 2005. 418 с.
46. Буренок, В. М. Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. – М.: Издательский дом «Граница», 2010. – 728 с.
47. Ведерников, Ю. В. Модели и алгоритмы интеллектуализации автоматизированного управления диверсификацией деятельности промышленного предприятия / Ю. В. Ведерников, А. Ю. Гарькушев, В. Г. Анисимов, Е. Г. Анисимов, А. М. Сазыкин // Вопросы оборонной техники. Серия 16. 2014. № 5 – 6 (71 – 72). – С. 61 – 72.
48. Вентцель, Е. С. Исследование операций: – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

49. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей: Учебник – 11-е изд., стер. / Е. С. Вентцель. – М.: КНОРУС, 2010. – 664 с.
50. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
51. Викулов, С. Ф. Военно-экономический анализ: учебник / С. Ф. Викулов. – М.: Военное издательство, 2001. – 349 с.
52. Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / пер. с англ. под ред. Г. Н. Поварова 2-е изд. М.: Советское радио, 1968. – 328 с.
53. Военная системотехника и системный анализ. Модели и методы подготовки и принятия решений в сложных организационно-технических комплексах в условиях неопределенности и многокритериальности /Под. ред. Б. В. Соколова. – СПб.: ВИКУ им. А. Ф. Можайского, 1999. – 496 с.
54. Военная доктрина Российской Федерации: Утверждена Указом Президента Российской Федерации 25 января 2014 г. № 815.
55. Волкова, В. Н. Основы теории систем и системного анализа / В. Н. Волкова, А. А. Денисов // учебник. – СПб.: Изд-во СПбГТУ. 2001. – 512 с.
56. Воробьев, А. А. Организация деятельности предприятия по управлению жизненным циклом сложных наукоемких изделий / А. А. Воробьев, А. В. Данеев // *Baikal Research Journal*. – 2017. – Т. 8, № 4. – DOI: 10.17150/2411-6262.2017.8(4).11. (дата обращения 3.08.2020).
57. Воронин, Г. П. Рекомендации участников заседания круглого стола в торгово-промышленной палате РФ 13.03.2014 г. на тему «Проблемы качества в ОПК» // *Вестник метролога*. – 2014. – № 2. – С. 5 – 9.
58. Гареев, М. А. Ариаднины нити ратного дела // *Независимое военное обозрение*. 1998. № 32. – С. 4 – 9.
59. Гастев, А. К. Работы ЦИТ по реконструкции машин-орудий: (Тезисы к 1 науч.-исслед. конф. по машиностроению) / А. Гастев и Н. Бахрах. – М.: изд-во НКТП, 1932 (тип. "Искра революции"). – 22 с.
60. Гасюк, Д. П. О содержании сущности качества менеджмента, качества продукции и их гармонизации: сборник трудов конференции управление качеством

в интересах устойчивого развития: СПбПУ (Санкт-Петербург, 14 – 15 марта 2019 г.), СПб.: – 2019. – С. 31 – 36.

61. Глухов, В. В. Аудит систем менеджмента качества: учебник / В. В. Глухов, Д. П. Гасюк. – СПб.: Политех-Пресс, 2019. – 358 с.

62. Глухов, В. В. Управление качеством / В. В. Глухов, Д. П. Гасюк // СПб: ГПУ, 2015. – 384 с.

63. Гончаров, В. В. В поисках совершенства управления: Руководство для высшего управленческого персонала. В 2-х т. М.: МНИИПУ, 1998.

64. Горбач, В. Д. Некоторые аспекты реализации CALS-технологий в российском судостроении // Материалы 4-й междунар. конф. по морским интеллектуальным технологиям. СПб.: МО-РИНТЕХ, 2001. – С. 5 – 9.

65. Горячев, В. В. Что мешает результативному и эффективному функционированию СМК // Методы менеджмента качества. – 2013. – № 6. – С. 51 – 55.

66. ГОСТ РВ 0015 – 001 – 2011. Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения. – М.: Стандартиформ, 2011. – 8 с.

67. ГОСТ РВ 0015-002-2012. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Системы менеджмента качества. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2012. – 67 с.

68. ГОСТ РВ 0101-001–2007. Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения. – М.: Стандартиформ, 2011. – 20 с.

69. ГОСТ РВ 15.004-2004. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Стадии жизненного цикла изделий и материалов. Стандартиформ. М. – 2005. – 20 с.

70. ГОСТ РВ 15.201 – 2003. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Тактико-техническое (техническое) задание на выполнение опытно-конструкторских работ. Госстандарт России. – М.: 2003. – 40 с.

71. ГОСТ РВ 15.203 – 2001. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей. Госстандарт России. – М.: 2001. – 117 с.

72. ГОСТ РВ 15.701 – 2003. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок выпуска бюллетеней и проведение работ по ним. Основные положения. ИПК Изд. Стандартов. – М.: 2004. – 23 с.

73. ГОСТ РВ 15.703 – 2005. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Порядок предъявления и удовлетворения рекламаций. Стандартиформ. – М.: 2005. – 37 с.

74. ГОСТ РВ 0015.704 – 2008. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Авторский надзор в процессе эксплуатации изделий. Основные положения. Стандартиформ. – М.: 2009. – 37 с.

75. ГОСТ РВ 15.1 709 – 92. Система разработки и постановки продукции на производство. Военная техника. Технический надзор предприятиями промышленности в процессе эксплуатации изделий. Госстандарт России. – М.:1992. – 12 с.

76. ГОСТ РВ 20.39.303 – 98. Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование. Требования к надежности. Состав и порядок задания. – М.: Госстандарт, 1998. – 30 с.

77. ГОСТ РВ 52006 – 2003. Создание изделий военной техники и материалов военного назначения. Термины и определения. – М.: Госстандарт России, 2003. 12 с.

78. ГОСТ 18322-78. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Изд. 2007 с Изм. 1, 2

79. ГОСТ 19.701-90. Схемы алгоритмов, программ данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения. – Переизд. 2010.

80. ГОСТ 27.002 – 2015. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартиформ. 2015. 28 с.

81. ГОСТ Р 53394-2009. Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения.
82. ГОСТ Р 56135-2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Общие положения. Стандартинформ. М.: – 2014. – 18 с.
83. ГОСТ Р 56136-2014. Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения Стандартинформ. М.: – 2015. – 18 с.
84. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 – 2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. – М.: Федеральное агентство по тех. регулированию и метрологии, 2012. – 188 с.
85. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288 – 2005. Национальный российский стандарт. Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем ISO/IEC 15288:2002 (System engineering – System life cycle processes (IDT). – М.: Федеральное агентство по тех. регулированию и метрологии, 2006. – 54 с.
86. ГОСТ Р 16085 – 2007. Менеджмент риска. Применение в процессах жизненного цикла систем и программного обеспечения. – М.: Стандартинформ, 2008. – 31 с.
87. ГОСТ Р 51901.12 – 2007. (МЭК 60812:2006) Менеджмент риска. Метод анализа видов и последствий отказов. – М.: Стандартинформ, 2008. – 40 с.
88. ГОСТ Р 62502 – 2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – М.: Стандартинформ, 2015. – 31 с.
89. ГОСТ Р 57193 – 2016. Национальный стандарт Российской Федерации. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем – М.: Стандартинформ, 2016. – 94 с.
90. Государственный заказ как инструмент промышленной политики в оборонно-промышленном комплексе: теория и практика: Монография / Р. А. Князьнеделин, А. Х. Курбанов, В. А. Плотников, ВАМТО. – СПб.: ООО «Копи-Р Групп», 2013. – 240 с.

91. Гражданский кодекс Российской Федерации (часть первая) от 30 ноября 1994 № 51-ФЗ (ред. От 03 августа 2018) (с изм. и доп., вступили в силу с 1 июня 2019 г.).

92. Григин, Н. В. Организация системы закупок вооружения и военной техники для министерств обороны ведущих стран НАТО / Н. В. Григин // Труды Крыловского государственного научного центра, 2(380). – СПб.: ФГУП «Крыловский государственный научный центр». – 2017. С. 148 – 160.

93. Грудинин, И. В. Принципы информационного обеспечения управления сложными организационно-техническими системами специального назначения / И. В. Грудинин, В. А. Новиков // Научно-технические проблемы в космических исследованиях Земли. 2016. Т. 8. № 3, С. 64 – 71.

94. Гугелев, А. В. Сравнение требований к системам менеджмента качества, устанавливаемых стандартами России и НАТО / А. В. Гугелев, В. А. Терехин // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2012. № 2 (41). С. 58 – 61.

95. Доля современного вооружения в российской армии составляет 64%. [Электронный ресурс]. URL: <http://ria.ru/20190618/1555662746.html>. (дата обращения 17.02.2019 г.).

96. Дроговоз, П. А. Информационно-технологические факторы развития кооперации в оборонно-промышленном комплексе и риск-ориентированный подход к ее формированию при создании системы воздушно-космической обороны / П. А. Дроговоз, О. В. Радугин // Экономические стратегии. 2016. Т. 18. № 7 (141). С. 76 – 89.

97. Дроговоз, П. А. Управление стоимостью инновационного промышленного предприятия / П. А. Дроговоз. – Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2007. – 240 с. – ISBN 978-5-7038-3056-7. – EDN ZCLDZD.

98. Друри, К. Управленческий и производственный учет: пер. с англ.; Учебник. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 1071 с.

99. Дубовиков, Б. А. Основы научной организации управления качеством, изд-во «Экономика», Москва, 1966.

100. Дубовский, В. А. Концептуальная модель оценивания эффективности управления полным жизненным циклом вооружения и военной техники по контрольным точкам / В. А. Дубовский, Н. И. Дубовская // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, № 2021612614 от 19 февраля 2021 г.

101. Дубовский, В. А. Метод оценивания рисков на этапах жизненного цикла образцов вооружения и военной техники / В. А. Дубовский, В. И. Бабенков, Д. П. Гасюк // Вооружение и экономика. 2020. № 3 (53). С. 59 – 65.

102. Дубовский, В. А. Методика обоснования требований к аппаратуре контроля и диагностирования технического состояния систем управления перспективных оперативно-тактических (тактических) ракет: дис ... канд. техн. наук / Дубовский Виталий Александрович. – СПб.: МВАА, 2016. – 143 с.

103. Дубовский, В. А. Методическая основа мониторинга функционирования системы контрактов полного жизненного цикла в интересах военной организации государства: организационные, технико-экономические и логистические аспекты / В. А. Дубовский, А. Х. Курбанов, В. А. Плотников // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. № 11-12 (137-138). – СПб.: НПО СМ. – 2019. – С. 15 – 22.

104. Дубовский, В. А. Проблема обоснования облика системы управления полным жизненным циклом ракетного комплекса Сухопутных войск / Д. П. Гасюк, В. А. Дубовский, А. В. Гурьянов // Известия РАН. 2020. № 2 (112). – С. 29 – 33.

105. Дубовский, В. А. Сетевая модель планирования и управления процессами жизненного цикла вооружения и военной техники: процедура построения и реализации / В. А. Дубовский, А. Х. Курбанов, В. А. Плотников // Известия РАН. 2020. № 3 (113). – С. 39 – 45.

106. Дубовский, В. А. Устройство для оценки технического уровня средств контроля и диагностирования сложных технических систем / В. А. Дубовский,

Д. П. Гасюк, А. А. Вырвич и др. – М., патент на полезную модель №155521 от 16.09.2015 г.

107. Дубовский, В. А. Устройство расчета показателя эксплуатационно-технической эффективности сложной технической системы военного назначения / В. А. Дубовский, А. Б. Иванов, А. А. Вырвич, А. А. Целыковских, Д. П. Гасюк // Полезная модель, № 197846 от 02.06.2020 г.

108. Дубовский, В. А. Устройство для расчета риска обеспечения требуемого уровня качества образцов ракетно-артиллерийского вооружения в условиях дискретного производства / В. А. Дубовский, Д. П. Гасюк, С. Г. Николаев, А. А. Вырвич // Полезная модель, № 160582 от 09.03.2016 г.

109. Дубовский, В. А. Функциональное моделирование процессов жизненного цикла вооружения и военной техники / В. А. Дубовский, Д. П. Гасюк, П. А. Дроговоз // Вестник академии военных наук. 2020. № 3 (72). – С. 105-112.

110. Дубовский, В. А. Программа функционального моделирования жизненного цикла сложной технической системы военного назначения. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020610610612 от 17.01.2020 г.

111. Дубовский, В. А. Программа расчета временных параметров сетевой модели процессов жизненного цикла сложной технической системы военного назначения / В. А. Дубовский // свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020617234 от 02.07.2020 г..

112. Дружинин, В. В., Конторов, Д. С. Вопросы военной системотехники. М. Воениздат, 1976. 224 с.

113. Дружинин, В. В. Основы военной системотологии / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов // ВИРТА, 1983. 420 с.

114. Дружинин, В. В., Проблемы системотологии / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов // Сов. радио, 1976. 296 с.

115. Дышкантюк, А. В. Методологический подход к управлению жизненным циклом вооружения и военной техники ВМФ // сб. трудов 53-й междунар. воен.-техн. конф. «Основные направления развития ракетных войск и

артиллерии, теория и практика их боевого применения» (Санкт-Петербург, 3 декабря 2018 г.).

116. Елизаров, П. М. Контракты жизненного цикла для народнохозяйственной продукции и вооружения, военной и специальной техники: сходство и отличия. Электронный журнал «Технологии PLM и ИЛП».- http://cals.ru/sites/default/files/downloads/emagazine/Emag_5_contracts_ZC_GP_and_VBT.pdf. (дата обращения 11.03.2020 г.).

117. Ермишян, А. Г. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях: Учебник. Часть 1. Методологические основы построения организационно-технических систем военной связи. СПб.: ВАС, 2005. – 740 с.

118. Загоруйко, Н. Г. Методы обнаружения закономерностей. М.: Знание, 1981. – 64 с.

119. Зараменских, Е. П. Управление жизненным циклом информационных систем: монография / Е. П. Зараменских. – Новосибирск: Издательство ЦРНС, 2014. – 270 с.

120. Заяц, А. Ю. Критерии оценки выполнения условий контрактов жизненного цикла автомобильной техники на стадии эксплуатации и риски их применения / Ю. А. Заяц, А. В. Сальников, И. Л. Масленникова // Известия ТулГУ. Технические науки. 2019. Вып. 3. С. 504 – 512.

121. Ильин, И. В. Математические методы и инструментальные средства оценивания эффективности инвестиций в инновационные проекты / И. В. Ильин, В. Г. Анисимов, Е. Г. Анисимов; под редакцией проф. И. В. Ильина. – СПб.: Стратегия будущего, 2018. – 289 с.

122. Исследования по общей теории систем: сб. переводов / под ред. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. — М.: Прогресс, 1969. – 520 с.

123. Калейчик, М. М. Квалиметрия: учеб. пособие / М. Калейчик. – М.: МГИУ, 2007. – 200 с.

124. Карпунин, М. Г. Жизненный цикл и эффективность машин / М. Г. Карпунин, Я. Г. Любинецкий, Б. И. Майданчик. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.

125. Кежаев, В. А. Методика системного анализа адаптивного управления техническим состоянием ракетно-артиллерийского вооружения / В. А. Кежаев, В. А. Чубасов // Известия РАН. 2018. № 1 (101). – С. 87 – 93.

126. Кежаев, В. А. Научно-прикладные аспекты проблемы выявления закономерностей в специальных предметных областях / В. А. Кежаев, В. А. Чубасов // Известия РАН. 2017. № 2 (97). – С. 13 – 16.

127. Кежаев, В. А. Проблемные аспекты формирования теоретических и экспериментально-прикладных процедур вскрытия закономерностей в процессе научных исследований по вопросам управления / В. А. Кежаев // Известия РАН. 2019. № 2 (107). С. 42 – 50.

128. Кежаев, В. А. Теория управления и методы обоснования и принятия решений: учебник / В. А. Кежаев. – СПб.: Издание МВАУ, 2004. – 432 с.

129. Киров, А. В. Основные аспекты определения облика системы управления полным жизненным циклом изделия / А. В. Киров // Фундаментальные исследования № 9, 2016. – С. 31 – 34.

130. Клифорд, Ф. Г. Управление проектами: Практическое руководство / Ф. Г. Клифорд, Э. У. Ларсон // пер с англ. М.: Издательство «Дело и Сервис». 2003. – 258 с.

131. Контракты жизненного цикла // Военно-промышленный курьер: официальный сайт. – 2013. – URL: <https://www.vpk-news.ru/articles/15223> (дата обращения 13.11.2020 г.).

132. Контракты жизненного цикла ВВТ: зарубежный опыт [Электронный ресурс]. (дата обращения 13.11.2020 г.).

133. Контракты жизненного цикла – что день грядущий нам готовит? [Электронный ресурс]. URL: https://www.vegaslex.ru/analytics/analytical_reviews/64185/. (дата обращения 13.11.2020 г.).

134. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / НИЦ CALS- технологий «Прикладная логистика» // Е. В. Судов, А. И. Левин. – М., 2002. – 130 с.
135. Концепция стандартизации в области управления жизненным циклом продукции военного назначения. М.: НИЦ «Прикладная логистика», 2017. – 26 с.
136. Кофман, А. Сетевые методы планирования / А. Кофман, Г. Дебазей // М.: Прогресс, 1968. – 181 с.
137. Круглов, М. Г. О системе управления жизненным циклом вооружений, военной и специальной техники в США // Менеджмент качества. № 3. – 2014. – С. 174 – 191.
138. Кузнецов, И. В. Зарубежный опыт государственно-частного партнерства (США, Европа, Канада) / Мировая экономика и международные экономические отношения № 8 (93). 2012. С. 196 – 201.
139. Куликов, В. А. Логика и теория военного дела // Военная мысль. 2002. № 3. С. 44 – 48.
140. Курбанов, А. Х. Аутсорсинг: теория, методология, специфика применения в военной организации [Текст]: монография / А. Х. Курбанов; МО РФ, ВАТТ. – СПб: Копи-Р Групп, 2011. – 275 с.
141. Литвинова, А. В. Роль инноваций в повышении качества и конкурентоспособности продукции // Посткризисные очертания инновационных процессов: сб. материалов Десятых Друкеровских чтений. М.; Новочеркасск: ЮРГТУ, 2010. С. 187 – 191.
142. Лихтенштейн, В. Е. Дискретность и случайность экономико-математических задач. М.: «Наука», 1973 – 376 с.
143. Лотте, Д. С. Краткие формы научно-технических терминов / АН СССР. М.: «Наука», 1971 – 86 с.
144. Маклаков, С. В. Создание информационных систем с All Fusion Modeling Suite. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 432 с.

145. Мануйлов, Ю. С. Методология системных исследований / Ю. С. Мануйлов, Е. А. Новиков // – СПб.: ВКА им. А. Ф. Можайского, 2008. – 159 с.
146. Марков, О. П. Разработка ракетно-артиллерийского вооружения и радиоэлектронных средств: учебник / О. П. Марков, Е. В. Грачев, В. К. Миронов. Л.: ВАОЛКА, 1981. – 196 с.
147. Мартыщенко, Л. А. Военно-научные исследования и разработка вооружения и военной техники: учебник Ч-1 / Л. А. Мартыщенко, А. Е. Филлюстин, Е. С. Голик, А. А. Клавдиев. – СПб: МО РФ, 1993. – 301 с.
148. Маянский, В. Д. СМК на базе информационных технологий – современный путь к качеству // Стандарты и качество. – 2013. – № 10. – С. 78–81.
149. Месарович, М. Теория иерархических многоуровневых систем / М. Месарович, Д. Мако, И. Такахара. М.: Мир, 1973.
150. Мистров, Л. Е. Моделирование информационных структур обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия организационно-технических систем : специальность 05.25.05 "Информационные системы и процессы" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Мистров Леонид Евгеньевич. – Тамбов, 2009. – 34 с. – EDN NKROCD.
151. Мищенко, В. И. Эволюция моделей процесса эксплуатации вооружения и военной техники // Вестник академии военных наук. – 2003. – № 4 (05) / 200. – С. 75 – 83.
152. Мымрин, Ю. Н. Технико-экономический анализ машин и приборов / Ю. Н. Мымрин, К. А. Грачев, Ю. В. Скворцов и др. М.: Машиностроение, 1985. – 248 с.
153. Надежность и эффективность в технике: Справочник: 10 Т. / Ред. совет: В. С. Авдурский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – Т.3 Эффективность технических систем / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
154. Николаев, А. Е. Совершенствование механизма управления развитием научно-технологического потенциала оборонно-промышленного комплекса //

Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015)
<http://naukovedenie.ru/PDF/231EVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/231EVN515.

155. Общие технические требования на разработку ракетного комплекса Сухопутных войск. Инв. № 66119.

156. Ожегов, С. И. Словарь русского языка. 20-е изд. М.: Рус. Язык, 1988. 750 с.

157. Организация и планирование внешнеэкономической деятельности оборонно-промышленной корпорации: учеб. пособие по дисциплине «Организационно-экономическое проектирование бизнеса наукоемких предприятий» / П.А. Дроговоз, Л.Г. Попович, Т.Г. Садовская, С.И. Свечников; под ред. Т.Г. Садовской. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 30, [2] с.: ил.

158. Оптнер, С. Системный анализ деловых и промышленных проблем. – М.: Сов. Радио, 1969. – 216 с.

159. Охтилев, М. Ю. Концепция проактивного управления сложными объектами: теоретические и технологические основы / М. Ю. Охтилев, Н. Г. Мустафин, В. Е. Миллер, Б. В. Соколов // Изв. вузов. Приборостроение. 2014. Т. 57, № 11. С. 8 – 14.

160. Охтилев, М.Ю. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов / М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // Наука – М.: – 2006. – 410 с.

161. Охтилев, М. Ю. Теоретические и технологические основы концепции проактивного мониторинга и управления сложными объектами / М. Ю. Охтилев, Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. – С. 162 – 174.

162. Панкратова, Н. Д. Концептуальные основы системного анализа рисков в динамике управления безопасностью сложных систем / Н. Д. Панкратова, Б. И. Курилин / Проблемы управления и информатики. – 2000. – № 6. – С. 110 – 132; 2001. – № 2. – С. 108 – 126.

163. Петухов, Г. Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. – Ч-1. –Методология, методы, модели. – Л.: МО СССР, 1989. – 660 с.

164. План деятельности Министерства обороны Российской Федерации на 2019-2025 гг. Утвержден Президентом Российской Федерации. – 2018. – 143 с.

165. План строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации до 2025 года. Утвержден Президентом Российской Федерации. – 2018. – 132 с.

166. Половинкин, В. Н. Системный подход к оценке жизненного цикла вооружения ВМФ и методы его реализации / В. Н. Половинкин, А. В. Дышкантюк // Морской сборник. – 2009. – № 7. – С. 23 – 28.

167. Половко, А. М. Основы теории надежности / А. М. Половко, С. В. Гуров // СПб.: БХВ – Петербург. –2006. – 704 с.

168. Попович, Л. Г. Управление инновационно-инвестиционной деятельностью предприятия оборонно-промышленного комплекса в условиях диверсификации / Л. Г. Попович, П. А. Дроговоз, В. Д. Калачанов. – Москва : ВАШ ФОРМАТ, 2018. – 228 с. – ISBN 978-5-907092-75-4. – EDN VWEAGG.

169. Постановление Правительства РФ от 30.12.2016 № 1567 «О порядке стандартизации в отношении оборонной продукции (вступило в силу с 1 марта 2017 г.).

170. Приказ Минпромэнерго от 23 августа 2006 г. № 200 «Об утверждении порядка определения состава затрат на производство продукции оборонного назначения, поставляемой по государственному оборонному заказу».

171. Продукт: полный цикл (методологическое исследование): / Т. Н. Соснина: – Самар. гос. ун-т, Самара. Издательство СНЦ РАН, 2018. – 398 с.

172. Протокол заседания Военно-промышленной комиссии при Правительстве Российской Федерации от 24 октября 2012 года № 11 дсп.

173. Пьянков, А. А. Проблемные вопросы планирования и реализации мероприятий технического обеспечения Вооруженных Сил Российской Федерации в рамках государственной программы вооружения и пути их решения /

А. А. Пьянков, М. С. Белорозов // Вооружение и экономика. 2016 № 3 (37)
С. 57 – 69.

174. Резников, Б. А. Системный анализ и методы системотехники. Ч-1
Методология системных исследований. Моделирование сложных систем /
Учебник. МО СССР, 1990. – 552 с.

175. Решение Коллегии Военно-Промышленной Комиссии Российской
Федерации № ВПК-8р от 30 марта 2016 г.

176. РД IDEF 0. Методология функционального моделирования IDEF0.
Госстандарт России – М. – 2000.

177. Родионов, И. Н. Категории, законы и методы военной науки /
И. Н. Родионов, В. В. Соловьев, Н. И. Ганичев, и др. // Теоретический труд – М.:
ВАГШ, 1996. – 195 с.

178. Романов, В. П. Интеллектуальные информационные системы в
экономике: учеб. пособие / Под ред. проф. Н. П. Тихомирова. М.: «Экзамен»,
2003. – 496 с.

179. Ростовцев, Ю. Г. Основы построения автоматизированных систем
сбора и обработки информации. СПб.: Изд. ВИКИ им. А. Ф. Можайского,
1992. – 717 с.

180. Руководство по содержанию вооружения и военной техники
общевооруженного назначения в Вооруженных Силах Российской Федерации в
мирное время. Введено приказом Министра обороны Российской Федерации
2018 г. № 969.

181. Сажин, Ю. В. Анализ соответствия требований ГОСТ РВ 0015-002-
2012 и устойчивое развитие в изменяющемся мире / Ю. В. Сажин, Н. П. Плетнева
// Менеджмент качества и устойчивое развитие в изменяющемся мире: материалы
Всерос. науч.-практ. конф. с международным участием. Саранск,
2010. – С. 279 – 286.

182. Сандип, Л. RFID. Руководство по внедрению. М.: Кудис-Пресс, 2007. –
312 с.

183. Сборник задач по теории вероятности, математической статистике и теории случайных функций / под ред. А. А. Свешникова. – М.: Изд-во «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1970. – 656 с.

184. Сборник материалов круглого стола «Современный миропорядок и его влияние на национальную безопасность Российской Федерации». – М.: ВАГШ ВС РФ, 2020. – 611 с.

185. Семенов, С. С. Процесс принятия решений при создании сложных технических систем и задача выбора альтернатив / А. В. Полтавский, В. В. Маклаков // Функциональная безопасность. Теория и практика. 2013. – С. 122 – 130.

186. Системная инженерия, риски, надежность в разработке и производстве изделий военного назначения / Ю. Л. Вященко и др. Балт. гос. техн. ун-т – СПб., 2018. – 572 с.

187. Системный анализ и технический облик средств точной доставки грузов / Г. В. Абраменко, А. Ю. Краснощеков, Е. Б. Баранцев, М. Г. Фабричный; под ред. Ю. И. Краснощекова. – М.: ЦНИИИТИКПК, 1995. – 150 с.

188. Смуров, А. М. Анализ системы государственного заказа ведущих зарубежных стран / А. М. Смуров, А. А. Целыковских // Известия РАН № 1 (96). 2017. – С. 41 – 46.

189. Советов, Б. Я. Теоретические основы автоматизированного управления: Учебник для вузов / под науч. ред. Б. Я. Советова, В. В. Цехановского, В. Д. Чертовского. М.: Высшая школа, 2006. – 463 с.

190. Советский энциклопедический словарь. 4-е изд. М.: Сов. Энциклопедия, 1990. – 1632 с.

191. Соколов, Б. В. Комплексное моделирование функционирования автоматизированной системы управления навигационными космическими аппаратами / Б. В. Соколов, Р. М. Юсупов // Проблемы управления и информатики. – 2002. – № 5. – С. 103 – 117.

192. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник: Учеб. пособие для вузов / Под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. — М.: Высш. шк., 2004 — 616 с.

193. Стало известно, на сколько повысится оснащенность ВС РФ современным оружием в 2019 году [Электронный ресурс]. URL: <http://www.tvzvezda.ru/news/forces/content/201812181615-9g5v.htm>. (дата обращения 03.03.2019 г.).

194. Стародубов, В. А. Управление жизненным циклом изделий, от концепции до реализации. СПб.: ЗАО «Стерлинг Групп СПб», 2006. — 120 с.

195. Субетто, А. И. Квалиметрия: малая энциклопедия / А. И. Субетто. — Вып. 1. — СПб.: ИПЦ СЗИУ – фил. РАНХиГС, 2015. — 244 с.

196. Судов, Е. В. Анализ логистической поддержки: теория и практика / А. И. Левин, А. Н. Петров, А. В. Петров, Д. Н. Бороздин — М.: ООО Издательский дом «Информ- Бюро», 2014. — 260 с.

197. Судов, Е. В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / Е. В. Судов, А. И. Левин // НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». — М., 2002. — 130 с.

198. Судов, Е. В. Модели, методы и средства управления и интегрированной информационной поддержки процессов жизненного цикла наукоемкой продукции: дис ... докт. техн. наук / Судов Евгений Владимирович. — М., 2004. — 311 с.

199. Судов, Е. В. О концепции управления жизненным циклом / Е. В. Судов, С. С. Кондрашина // CAD/CAM/CAE Observer № 8 (100) / 2015. С. 17 – 21.

200. Судов, Е. В., Технологии интегрированной логистической поддержки в процессах жизненного цикла авиационной техники / Е. В. Судов, А. Н. Петров, А. В. Петров, А. Т. Осяев, С. А. Серебрянский // Учебное пособие. — М.: Эдитус, 2018. — 174 с.

201. Судов, Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. М.: ООО «Издательский дом МВМ», 2003. — 264 с.

202. Темников, Ф. Е. Высокоорганизованные системы / Ф. Е. Темников // Большие системы: Теория, методология, моделирование. — М.: Наука, 1971. — С. 85 – 94.
203. Тен, В. В. От менеджмента качества к качеству менеджмента / В. В. Тен, Н. В. Злобина, А. Ю. Сизикин // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 3. С. 594 – 598.
204. Уёмов, А. И. Системный подход и общая теория систем. М., Мысль, 1978. – 272 с.
205. Указ Президента РФ № 603 от 7 мая 2012 г. «О реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса».
206. Указ Президента РФ № 599 от 2 июля 2013 г. «О разработке и реализации государственной программы реализации планов (программ) строительства и развития Вооруженных Сил Российской Федерации, других войск, воинских формирований и органов и модернизации оборонно-промышленного комплекса».
207. Управление качеством продукции: (Опыт, проблемы, перспективы) / Гличев А. В., Круглов М. И., Крыжановский И. Д., Лосицкий О. Г. – М.: Экономика, 1979. – 176 с.
208. Управление проектом. Основы проектного управления: учебник / кол. авт.; под ред. проф. М. А. Разу. – КНОРУС, 2006. – 768 с.
209. Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе».
210. Федеральный закон от 05 апреля 2013 г. № 44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
211. Федеральный закон от 26.12.1995 N 208-ФЗ (ред. от 31.07.2020) "Об акционерных обществах" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).

212. Финкенцеллер, К. Справочник по RFID. Теоретические основы и практическое применение индуктивных радиоустройств, транспондеров и бесконтактных чип-карт. М.: Додэка-XXI, 2008. – 496 с.

213. Флейшман, Б.С. Основы системологии. — М.: «Радио и связь», 1986. – 368 с.

214. Фокин, А. В. Методическое обеспечение процедур управления риском для безопасности полетов коммерческой авиации / А. В. Фокин, А. Г. Гузий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2017. Т. 21. № 10. С. 206 – 212. DOI: 10.21285/1814-3520-2017-10-206-212. (дата обращения 27.07.2020 г.).

215. Фролов, Н. А. Анализ путей решения проблем управления группировками сил и средств ПВО с позиций законов управления войсками // Вестник Академии Военных Наук. – 2007. – № 1(18).

216. Хижа, О. Н. Эволюция подходов к трактовке понятия «эффективность» в экономической науке / О. Н. Хижа // Вестник Челябинского государственного университета. 2018. № 7 (417). Экономические науки. Вып. 61. С. 21 – 27.

217. Черных, В. А. Законы и закономерности военного управления / В. А. Черных // Военная мысль (6) 2006. – С. 39 – 47.

218. Черниговский, М. Я. Контракты жизненного цикла: правовая природа и перспективы использования в рамках ГЧП-проектов в России / корпоративный юрист № 5. 2009. С. 14 – 18.

219. Целыковских, А. А. Концептуальная модель подсистемы мониторинга технического состояния в структуре системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники / А. А. Целыковских, Т. А. Мосендз, В. А. Дубовский // Вооружение и экономика. 2019. № 2 (48). С. 36 – 42.

220. Шаламов, А. С. Методические вопросы развития российской интегрированной логистической поддержки для управления жизненным циклом наукоемкой продукции / А. С. Шаламов И. Н. Сеницын, // Системы высокой доступности. – 2016. – Т. 12. – № 3. – С. 3-8.

221. Шаламов, А. С. Системы и средства информационной поддержки послепродажного обслуживания серийной продукции. Аналитический обзор / А. С. Шаламов, И. Н. Сеницын, // Системы высокой доступности. – 2019. – Т. 15. – № 3. – С. 34-57. – DOI 10.18127/j20729472-201903-03.

222. Шаламов, А. С. Интегрированная логистическая поддержка наукоемкой продукции / А. С. Шаламов; А. С. Шаламов. – Москва: Университетская книга, 2008. – 463 с. – ISBN 978-5-98699-049-1.

223. Шаров, С. Н. Управление жизненным циклом вооружения и военной техники: результаты анализа, направления совершенствования и зарубежный опыт// развитие форм и способов применения войск (сил), тактики соединений и подразделений в современных военных конфликтах и войнах будущего и их влияние на развитие системы МТО: материалы Межведом. научн.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 29 сентября 2021г.) ВАМТО. – СПб, 2021 С. 45-51.

224. Шаров, С. Н. Ключевые вопросы теории и проектирования систем посадки беспилотных летательных аппаратов на малоразмерные суда / С. Н. Шаров, Ю. Ф. Подоплёкин // Информационно-управляющие системы. 2013. № 6 (67). С. 14-24.

225. Юсупов, Р. М. Анализ состояния исследований проблем управления жизненным циклом искусственно созданных объектов / Р. М. Юсупов, Б. В. Соколов, А. И. Птушкин, А. В. Иконникова, С. А. Потрясаев, Е. Г Цивирко // Труды СПИИРАН. 2011. Вып. 1 (16). С. 37 – 109.

226. Элькин, Г.И. Метод построения моделей процессов информационно-аналитической деятельности субъектов жизненного цикла автоматизированных систем военного назначения / Г.И. Элькин, В.В. Говоритель // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Прикладная математика. 2019. № 3. С.53-63;

227. Яковенко, Е. Г. Экономические циклы машин / Е. Г. Яковенко, Г. С. Поспелова // М.: Машиностроение, 1981. – 157 с.

228. Яшин, Н. С. Развитие методологии анализа результативности системы менеджмента качества промышленных предприятий / Н. С. Яшин, Л. Ф. Попова,

С. В. Бочарова // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2016. № 4 (63). С. 51 – 56.

229. DynaWeb is an e-maintenance solution to future sustainable industrial and societal challenges // Electronic Resource [<http://dynamite.vtt.fi>].

230. Fiol M., Huff A.S. Maps for managers: Where are we? Where do we go from here? // Journal of management studies. 1992. №. 29. P. 269 – 285.

231. Michael, B. Review of Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution by M. Hammer, J. Champy / B. Michael // The Journal of the Operational Research Society. – Vol. 54, № 9: Part Special Issue: Modeling Organizational Knowledge. – 2003. –Sep. – P. 1016 – 1017.

232. Swan, J. A. Exploring knowledge and cognitions in decisions about technological innovation: Mapping managerial cognitions // Human Relations. 1995. No. 48(11). P. 1241 – 1270.

233. NATO STANDARD AAP-48 (Edition 1) NATO. System Life Cycle Stages and Processes (Edition 1). (February 2007).

234. Joint Capabilities Integration and Development System. – <https://dap.dau.mil/aphome/jcids/Pages/Default.aspx>. (дата обращения 4.10.2020 г.).

235. GAO Cost Estimating and Assessment Guide. – www.gao.gov/new.items/d093sp.pdf. (дата обращения 5.10.2020 г.).

236. Air Force Cost Risk and Uncertainty Analysis Handbook (CRUH). – https://acc.dau.mil/adl/en-US/316093/file/46243/AF_Cost_Risk_and_Uncertainty_Handbook_Jul07.pdf. (дата обращения 8.10.2020 г.).

237. Government Auditing Standards: January 2007 Revision. – www.gao.gov/new.items/d07162g.pdf. (дата обращения 5.10.2020 г.).

238. Standards for Internal Control in the Federal Government: Exposure Draft, GAO/AIMD-98-21.3.1. — www.gao.gov/products/GAO/AIMD-98-21.3.1. (дата обращения 8.10.2020 г.).

239. Earned Value Management Implementation Guide. – <http://www.srs.gov/general/EFCOG/02GovtReferences/02D0D/EVMImplementationGuide.htm>. (дата обращения 7.10.2020 г.).

240. EIA Standard. Earned Value Management System: EIA 748. — <http://www.srs.gov/general/EFCOG/02GovtReferences/03NDIAANSI/ANSIEIA748.pdf>. (дата обращения 4.10.2020 г.).

241. SAE J4000. Identification and Measurement of Best Practice in Implementation of Lean Operation. — http://standards.sae.org/j4000_199908. (дата обращения 9.10.2020 г.).

242. FY10 National Defense Authorization Act (NDAA). — www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-111publ84/pdf/PLAW-111publ84.pdf. (дата обращения 6.10.2020 г.).

243. Joint Capabilities Integration and Development System. — <https://dap.dau.mil/aphome/jcids/Pages/Default.aspx>. (дата обращения 11.10.2020 г.).

244. Defense Acquisition Guidebook. — <https://dag.dau.mil/>. (дата обращения 1.10.2020 г.).

245. Product lifecycle management and information tracking using smart embedded systems // Electronic Resource [http://www.promise.no/].

246. <https://rtoapi.ctm.ru>. (дата обращения 12.03.2021 г.).

247. Takata S., Kimura F., van Houten F.J.A.M., Westkamper E. et al. Maintenance: Changing Role in Life Cycle Management // CIRP annals. 2004. Vol. 53, № 2. P. 643–655.