

# Эволюционно-технологический подход в управлении требованиями к робототехническим комплексам военного назначения

С. И. Безденежных, С. Г. Брайткрайц, Д. А. Репников, В. И. Флегонтов,  
А. Г. Черевко

Рассмотрен существующий механизм формирования и корректировки требований к робототехническим комплексам военного назначения в Минобороны России, предлагаются меры по его совершенствованию, в частности: переход от системы сбора и формирования требований к системе управления требованиями, основанной на эволюционно-технологическом подходе к развитию вооружения.

*Ключевые слова:* управление требованиями, техническое задание, эволюция технологий, робототехнические комплексы.

## 1. Введение

Обоснование требований к новому высокотехнологичному вооружению, военной и специальной технике (ВВСТ) является одним из центральных вопросов военной науки. Этой проблематике посвящены многочисленные исследования, которые затрагивают все виды ВВСТ, в том числе и робототехнические комплексы (РТК).

Наряду с этим постепенное усложнение систем вооружения привело к значительному росту количества предъявляемых к ним требований. Например, тактико-техническое задание (ТТЗ) на создание первой в СССР ядерной бомбы (утвержденное в 1946 г.) умещалось на одном листе, тогда как современные документы такого рода содержат десятки страниц.

Переход к конкурсной основе заключения контрактов на НИОКР с фиксированной ценой создал ряд ранее не существовавших проблем, таких как отсутствие оценки реализуемости предъявляемых требований, сложность изменения сроков и объема работ, которые могли бы компенсировать недостатки ТТЗ.

Быстрое развитие технологий приводит к увеличению темпов внедрения инноваций в разрабатываемые и модернизируемые образцы высокотехнологичной продукции. Однако сложность и затянутость процедур разработки и согласования ТТЗ, а также их проверки в ходе многочисленных испытаний приводят к тому, что скорость появления новых технологий превышает длительность цикла разработки комплексов РТК военного назначения. В итоге технологический уровень поступающих в войска РТК отстает от мирового.

Таким образом, проблемы создания новых РТК военного назначения связаны не столько с наличием научно-технического задела, сколько с организационными проблемами их разработки, особенно с управлением требованиями к новым изделиям.

Под *управлением требованиями* (requirements management) [1] понимают деятельность в области формирования требований к изделию, их структурирования и документирования,

взаимного согласования, проверки выполнения заданных требований, согласованного и контролируемого их изменения при необходимости.

Впервые потребность в системах управления требованиями возникла в начале 90-х годов в области разработки программного обеспечения (ПО) [2], когда число предъявляемых требований к ПО росло в геометрической прогрессии. Однако спустя десять лет эти технологии начали применяться для согласования требований к сложным изделиям машиностроения и даже стали частью дисциплины «Системная инженерия» [3].

Несмотря на то, что термин «управление требованиями» в военных кругах используется узким кругом специалистов, он уже нашел отражение в ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения». Как несложно заметить, новое понятие объединяет процедуры, которые и ранее существовали в Минобороны России, однако не были систематизированы и автоматизированы.

## 2. Процесс управления требованиями в МО РФ

Существующий процесс управления требованиями в МО РФ начинается с определения облика Вооруженных Сил в концептуальных документах (рис. 1). Далее требования развиваются и отражаются в тематических карточках и справках обоснования на НИР (ОКР). При успешном включении соответствующей работы в Государственную программу вооружения начинается разработка ТТЗ, в котором аккумулируются требования документов системы общих технических требований, государственных стандартов, научно-технический задел, опыт эксплуатации и боевого применения аналогичных комплексов, опыт обучения на аналогичные комплексы, перспективы развития средств борьбы и др.

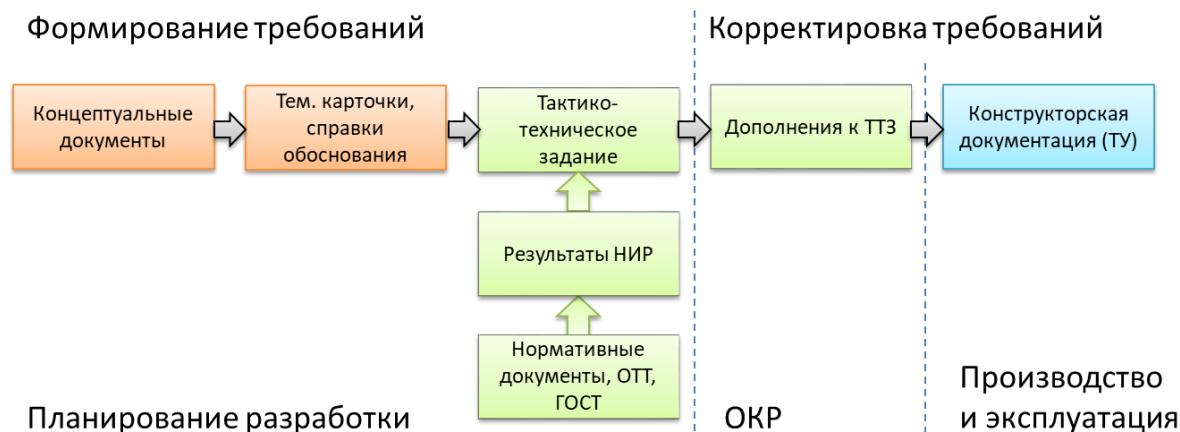


Рис. 1. Документы, отражающие требования к изделию в ходе ЖЦ

Существующая система управления требованиями допускает корректировку требований в ТТЗ, однако этот процесс сопряжен с рядом трудностей, таких как изменение существенных условий контракта и определение стоимости работ. Контроль выполнения требований на этапах выполнения ОКР производится комиссией заказчика экспертным методом. Главным этапом контроля требований по ГОСТ РВ 15.210-2001 является этап государственных испытаний, в ходе которого выполнение требований проверяется по согласованной и утвержденной программе и методикам. После проведения государственных испытаний контроль требований ТТЗ отсутствует.

В настоящий момент цель управления требованиями при создании РТК можно сформулировать как сбор и всестороннее обоснование тактико-технических требований для согласованного формирования ТТЗ, которое позволит с максимальной вероятностью создать изделие, реализующее заданные требования и имеющийся научно-технический задел.

Существующей системе присущ ряд недостатков: жесткое этапирование работ по стадиям жизненного цикла (ЖЦ), ориентированность на создание конкретного образца ВВСТ, ма-

лый срок, выделенный на формирование требований, отсутствие учета НТЗ, сложность внесения изменений после заключения контракта, ориентация на выполнение требований ТТЗ, а не на создание изделия, отсутствие учета требований, выявленных после проведения государственных испытаний, разная глубина проработки процедур на разных этапах (некоторые частично не формализованы).

### 3. Модели развития вооружения

Во многом все упомянутые проблемы обусловлены используемым сегодня в Минобороны России комплексом стандартов СРПП ВТ. Этот комплекс отражает характерную для периода 1970–1990 гг. модель развития вооружения – так называемую *каскадную* (водопадную) модель [4], которая предусматривает последовательное выполнение всех этапов проекта в строго фиксированном порядке. Каждый этап завершается после полного выполнения и документального оформления всех предусмотренных работ.

В 1986 году Барри Бозмом была предложена альтернатива каскадной модели – спиральная (*инкрементная*) модель процесса разработки [5]. По мнению многих она стала существенным прорывом в понимании природы разработки программного обеспечения. При таком подходе проектные задачи группируются в виде фаз (витков спирали), направленных на разработку последовательности поставляемых изделий, каждое из которых со временем наращивает свои функциональные возможности. Первая конструкция реализует часть требований, в последующую конструкцию добавляют дополнительные требования и так далее до тех пор, пока не будет закончено создание системы.

Вскоре инкрементная модель трансформировалась в *эволюционную модель*. Она также предполагает разработку последовательности конструкций, но, в отличие от инкрементной модели, подразумевается, что требования не могут быть полностью осознаны и сформулированы предварительно, поэтому они устанавливаются частично и уточняются в каждой последующей конструкции. Процессы сопровождения и эксплуатации могут быть реализованы параллельно с процессом разработки. Процессы заказа и поставки, а также вспомогательные и организационные процессы обычно выполняют параллельно с процессом разработки.

В середине 90-х годов эволюционная модель разработки начала набирать популярность не только в среде информационных технологий, но и в других областях разработки высокотехнологичной продукции. В 2003 году наряду с каскадной моделью эволюционная модель под именем «Эволюционное приобретение» (Evolutionary Acquisition) вошла в Инструкцию МО США №5000.02 «Функционирование системы оборонного заказа» – это главный документ МО США, определяющий порядок разработки ВВСТ [6]. При очередном пересмотре Инструкции №5000.02 в 2008 году эволюционный заказ стал предпочтительным способом создания ВВСТ в Минобороны США.

Таким образом, например, ВВС США поступили при создании комплекса с БпЛА GlobalHawk [7]. БпЛА первого этапа, сборка которых началась в 2004 г., были выпущены с использованием технологий опытного образца 2002 г. Сборка образцов второй итерации в 2005 г. была запланирована с использованием новой полезной нагрузки и внутренних компонентов. К моменту начала сборки БпЛА третьей итерации в 2006 г. было запланировано окончание работ по доработке двигателя, крыла и линии связи.

Наряду с этим еще в начале XX века ученые-экономисты обратили внимание на то, что процесс развития техники и технологий имеет определенное сходство с теорией биологической эволюции Дарвина. На эволюционное развитие идей при создании технических систем указывали авторы теорий решения изобретательских задач, поискового конструирования, адаптации сложных систем. Подобным образом ряд исследователей подтверждали эволюционный характер развития вооружения.

В 2009 г. известный американский экономист Б. Артур впервые подробно рассмотрел эволюцию сложных технических систем с точки зрения развития составляющих их техноло-

гий [8]. Незадолго до этой фундаментальной работы главенствующую роль эволюции технологий в развитии техники и вооружения отмечали отечественные военные ученые [9, 10].

В результате был предложен новый эволюционно-технологический подход (ЭТП) к развитию вооружения – методология создания и приобретения ВВСТ, основанная на постепенном многошаговом процессе повышения уровня знаний в определенных научно-технологических областях [11]. Идея, лежащая в основе ЭТП, состоит в том, что образец следует разрабатывать по принципу приращений, так, чтобы разработчик мог использовать данные и знания, полученные при разработке более ранних версий изделия или схожих систем.

ЭТП рассматривает технологию как знание. Жизненный цикл технологии представляется эволюцией знания. От идеи до реализации изделие происходит итерационный процесс дополнения и проверки достоверности знания, закреплённой в модели изделия. То есть процесс разработки является процессом дополнения модели изделия достоверными знаниями.

Роль эволюции технологий в ЭТП заключается в том, что переносчиками наследственной информации изделий являются составляющие их технологии. Так же как гены в биологических системах, технологии технических систем, скрещиваясь, обмениваются решениями. Выживают лишь наиболее лучшие виды техники, наиболее приспособленные к среде обитания – потребностям вооруженной борьбы. При этом подразумевается, что требования не могут быть полностью осознаны и сформулированы предварительно, поэтому они устанавливаются частично и уточняются в каждой последующей конструкции.

В работе [12] предложена оригинальная модель эволюции технологий в функциональном, технологическом и физическом доменах. Ее суть заключается в том, что описание любой технологии можно представить в виде структурных моделей: функциональной, технологической и физической (рис. 2). Эволюция происходит последовательным изменением этих моделей, главенствующей из которых является технологическая.

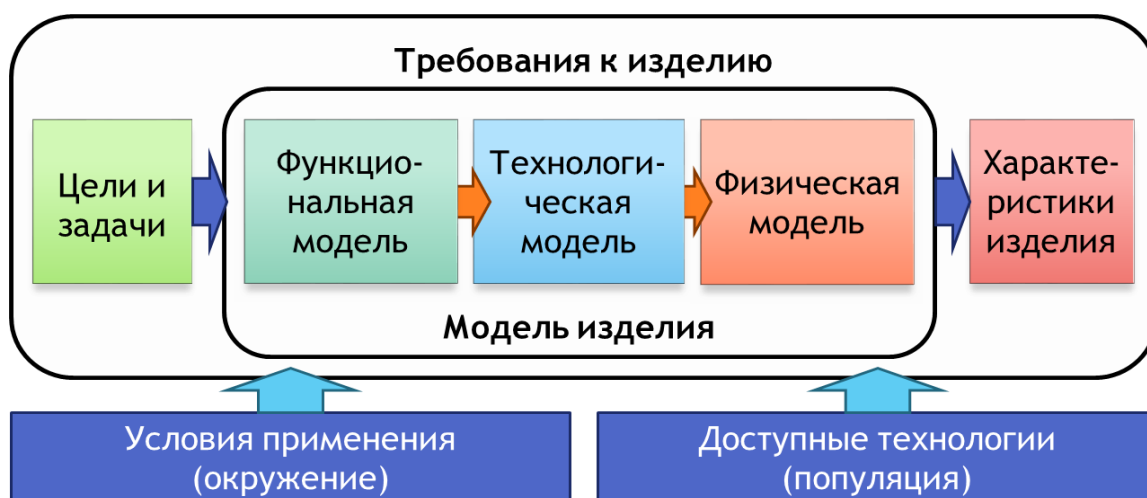


Рис. 2. Структура требований к изделию в соответствии с ЭТП

При таком подходе требования рассматриваются как часть модели изделия, а также как сведения об условиях применения и необходимых характеристиках. Особый акцент делается на то, что требования отражают не достоверное знание, а представление потребителей о том, как должно выглядеть изделие для того, чтобы эффективно решать свои задачи.

#### 4. Эволюционно-технологический подход к управлению требованиями

В части управления требованиями обычный эволюционный подход провозглашает переход от разового, жесткого, неизменяемого набора требований к постоянному процессу уточнения технического задания и порождению параллельного потока работ по созданию изде-

лия. При этом акцент делается не на выполнение всех требований ТТЗ, а на создание и представление заказчику изделия, имеющего полезные характеристики (свойства), способного заменить неудовлетворяющие современным требованиям стоящие на вооружении образцы ВВСТ.

Эволюционно-технологический подход порождает еще несколько отличий от традиционного подхода к управлению требованиями.

Во-первых, изначально предполагается, что представления потребителей могут быть ошибочны. Вследствие чего жесткая фиксация перечня требований исключается. Ошибка может быть выявлена как на этапе разработки и привести к невозможности создания изделия, так и на этапе эксплуатации и снизить ожидаемую эффективность.

Во-вторых, требования делятся на пять структурированных множеств: назначения, функциональные, технологические, физические и характеристики. Требования верхнего уровня имеют приоритет перед остальными.

В-третьих, так как предполагается наличие постоянного процесса изменения требований, производится мониторинг популяции технологий и окружения с целью выявления изменений в моделях технологии.

В-четвертых, эволюционная природа модели предполагает явное использование прототипов. Это относится как к этапам разработки требований для вариантов изделия, что в принципе характерно для систем управления требованиями, так и к этапу первоначального формирования требований, когда структура изделия наследуется от одного или нескольких ранее созданных изделий (прототипов, опытных образцов).

Ключевыми особенностями предлагаемого подхода к управлению требованиями являются следующие:

1. Требования рассматриваются как представление заказчика о назначении, функциях, составе и параметрах изделия, обладающего достаточной эффективностью. Учитывается тот факт, что представления могут быть ошибочны как с точки зрения эффективности, так и с точки зрения возможности реализации, и требования потребуют изменений.

2. Из состава требований выделяются назначение и задачи изделия. Главным критерием при принятии изделия на вооружения (снабжение) становится выполнение изделием своих задач, а не соответствие всем условиям технического задания.

3. Управление требованиями происходит не в рамках создания отдельного образца вооружения (программы), а в ретроспективе развития типажа вооружения.

4. С использованием структурных функционально-технологических схем происходит систематический мониторинг возможностей аналогичных комплексов (популяции), состояния базовых и критических технологий, а также условий функционирования для каждого типа вооружения.

Структурные функционально-технологические схемы являются основой для выбора аналогов и формирования новых тактико-технических заданий на разработку и модернизацию новых изделий

## 5. Заключение

Изложенный подход к управлению требованиями объединяет достоинства современных технологий управления требованиями и эволюционно-технологического подхода. Результатом его применения должно стать сокращение рисков заказчика от ошибок в ТТЗ, сокращение сроков получения полезного образца и ускорение внедрения в систему вооружения нововведений. Однако полноценное внедрение ЭТП к управлению требованиями может быть реализовано только после проработки соответствующего научно-методического аппарата и создания специализированных программных средств.

## Литература

1. ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения».
2. *Davis A. M. Just Enough Requirements Management: Where Software Development Meets Marketing.* Dorset House, 2005. 240 с.
3. *Косяков А., Свит У., Сеймур С, Бимер С.* Системная инженерия. Принципы и практика / пер. с англ. В. Батоврин. М.: ДМК Пресс, 2014. 636 с.
4. *Буренок В. М., Косенко А. А., Лавринов Г. А.* Техническое оснащение Вооруженных Сил Российской Федерации: организационные, экономические и методологические аспекты. М.: Граница, 2007. 728 с.
5. *B. Boehm. Spiral Development: Experience, Principles, and Refinements // University of Southern California, 2000.* URL: <http://csse.usc.edu/TECHRPTS/2000/usccse2000-507/usccse2000-507.pdf> (дата обращения: 20.02.2019).
6. *Безденежных С. И., Артеменко В. Б.* Обзор системы оборонного заказа МО США // Вооружение и экономика. 2014. № 1 (26).
7. *Shah N. B. Modularity as an Enabler for Evolutionary Acquisition. // Massachusetts institute of technology. 2004.* URL: [http://seari.mit.edu/documents/theses/SM\\_SHAH.pdf](http://seari.mit.edu/documents/theses/SM_SHAH.pdf) (дата обращения: 20.02.2019).
8. *Arthur W. B. The Nature of Technology: What it Is and How it Evolves.* The Free Press, and Penguin (UK) August 11, 2009. 246 p.
9. *Буренок В. М., Ивлев А. А., Корчак В. Ю.* Эволюционно-технологический подход к созданию перспективного вооружения // Военный парад. 2006. № 5–6;
10. *Безденежных С. И.* Эволюционно-технологический подход к развитию ВВТ // ЦВНИ МО РФ, 2006.
11. *Буренок В. М., Ивлев А. А., Корчак В. Ю.* Развитие технологий XXI века: проблемы планирование, реализация. Тверь: ООО «Купол», 2009. 624 с.
12. *Безденежных С. И., Ивлев А. А.* Формальная модель эволюции системных технологий в функциональном, технологическом и физическом доменах. // Электронный научный журнал «Исследовано в России». 2013. URL: <http://zhurnal.aep.relarn.ru/articles/2013/016.pdf> (дата обращения: 17.08.2016).

*Статья поступила в редакцию 24.04.2019.*

### **Безденежных Сергей Игоревич**

заместитель начальника исследовательского отдела Государственного центра беспилотной авиации (140415, Московская обл., Коломна, пр-д Артиллеристов, 5), тел. (496) 618-55-58.

### **Брайткрайц Сергей Гарриевич**

д.т.н., с.н.с., ведущий научный сотрудник 46 ЦНИИ МО РФ (129327, Москва, Чукотский пр-д. вл.10), тел. (495) 471-27-90.

### **Репников Дмитрий Александрович**

заместитель директора инновационного технологического центра МГТУ им. Н. Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), тел. (499) 263-68-46, e-mail: bauman@bmstu.ru.

**Флегонтов Виталий Иванович**

к.э.н, доцент к.э.н, доцент кафедры экономики и финансов Одинцовского филиала МГИМО МИД РФ (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5), тел. (499) 263-68-46, e-mail: Fvi55@yandex.ru.

**Черевко Александр Григорьевич**

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики, исп. директор Научно-образовательного центра «Материаловедение и микрофотоэлектроника» СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. 8-913-980-60-71, e-mail: persp14@mail.ru.

**Evolutionary and technological approach to managing requirements for military robotic complexes**

**S. Bezdenezhnykh, S. Braytkrayts, D. Repnikov, V. Flegontov, A. Cherevko**

This paper considers the existing mechanism of formation and adjustment requirements for robotic complexes in the Ministry of Defense of Russia. We propose the ways to improve it: the transition from the "collection of requirements" system to the "management of requirements" system based on an evolutionary and technological approach.

*Keywords:* requirements, management, technical task, evolution of technology, robotic complexes.