

УПРАВЛЕНИЕ ФАЗАМИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОЕКТОВ В НАУКОЕМКОЙ ОТРАСЛИ

С. В. Володин

Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 12 апреля 2013 г.

Аннотация: проводится сравнительный анализ различных стандартов и подходов к управлению жизненным циклом наукоемких программ (на примере аэрокосмической отрасли). Отмечена необходимость расширения области действия стандартов на все фазы жизненного цикла.

Ключевые слова: аэрокосмические программы, жизненный цикл, исследования и разработки, отраслевые стандарты.

Abstract: a comparative analysis of the different standards and approaches to life-cycle management intensive programs (for example the aerospace industry). Need of expansion of a scope of standards on all phases of life cycle is noted.

Key words: aerospace programs, life cycle, researches and development, industry standards.

Понятие «фаза жизненного цикла» является универсальной категорией, применимой к биологическим, социальным, экономическим, политическим, техническим и прочим системам. Применительно к уровню корпорации эта концепция рассматривалась, в частности, в классической работе И. Адизеса (Ichac Adizes) [1]. Однако ее суть остается актуальной и для других иерархических уровней – субъекта, отрасли, проекта и т.д. В общем виде типичные фазы жизненного цикла любой системы можно представить так, как это сделано на рис. 1.

Математический аппарат описания фаз жизненного цикла представлен различными типами логистических функций, вид которых зависит от рассматриваемой предметной области. Например, для маркетинга инноваций широко применяется

диффузионная теория, изложенная, например, в известной монографии [2]. В ее основе лежит аналогия динамики распространения эпидемии заболевания с распространением осведомленности конечного числа потребителей об инновации. Цикличность имеет место в управлении проектами и программами, объединяющими несколько проектов.

Управление сложными проектами в наукоемкой отрасли находит свое практическое осуществление в их декомпозиции на фазы жизненного цикла. В России действует ГОСТ 2.103–68 (2001, с изм. в 2006) ЕСКД «Стадии разработки» (конструкторской документации изделий всех отраслей промышленности). В их перечень входит несколько стадий разработки и этапов выполнения работ, приведенных в сокращенном виде в таблице.

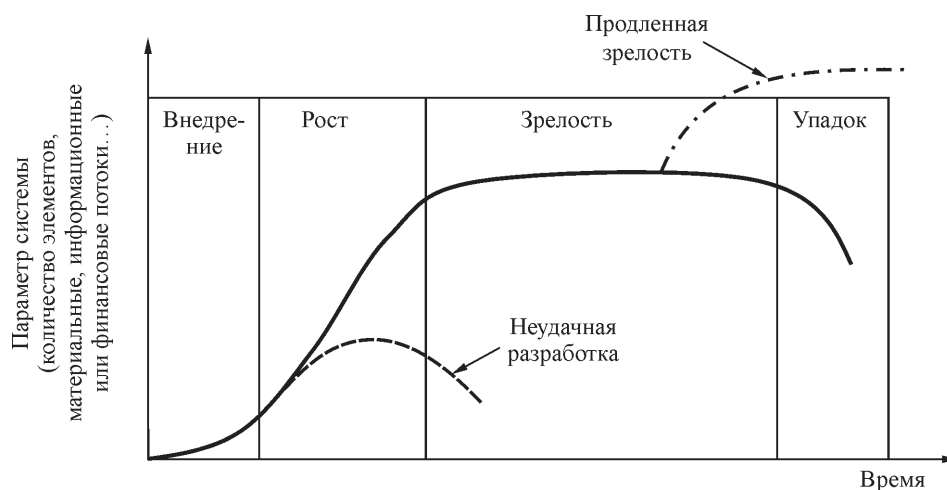


Рис. 1. Фазы жизненного цикла систем

Стадии разработки и этапы выполнения работ

Стадия разработки	Этапы выполнения работ
Техническое предложение	Подбор материалов Разработка технического предложения Рассмотрение и утверждение технического предложения.
Эскизный проект	Разработка эскизного проекта Изготовление и испытание макетов (при необходимости) Рассмотрение и утверждение эскизного проекта
Технический проект	Разработка технического проекта Изготовление и испытание макетов (при необходимости) Рассмотрение и утверждение технического проекта
Рабочая конструкторская документация	Разработка конструкторской документации, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии)
а) опытного образца (опытной партии) изделия, предназначенного для серийного (массового) или единичного производства (кроме разового изготовления)	Изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии) Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) Приемочные испытания опытного образца (опытной партии) Корректировка конструкторской документации по результатам приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости – повторное изготовление и испытания опытного образца (опытной партии)
б) серийного (массового) производства	Изготовление и испытание установочной серии Корректировка конструкторской документации по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса изготовления изделия Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости – изготовление и испытание головной (контрольной) серии и соответствующая корректировка документов

Как видно из информации, приведенной в таблице, ГОСТ регламентирует только стадии разработки, не затрагивая исследования, эксплуатацию и утилизацию. Это заметно отличает отечественные стандарты от зарубежных и в ряде случаев затрудняет международное сотрудничество. Рассмотрим, как выглядят зарубежные стандарты, которые, как показано ниже, охватывают не только разработку, но и весь процесс создания нового изделия в целом.

В различных странах, отраслях и промышленных кластерах существуют дифференцированные подходы к фазам (стадиям) создания новых образцов техники. Однако больший интерес представляет не поиск различий, а выявление сходства в подходах. С этой целью на рис. 2 представлены некоторые стандарты и подходы к управлению жизненным циклом аэрокосмических программ. При этом проведена «синхронизация» отдельных фаз жизненного цикла, носящая в определенной мере условный характер вследствие различия в подходах.

Особенности проектного подхода к управлению фазами жизненного цикла в наукоемкой отрасли можно показать на примере организации научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) в авиационной промышленности. Существующая конструкторская система предусматривает этапы, представленные на рис. 2(а).

При этом решение о создании образца принимается вначале НИР, задание на ОКР выдается по завершении аванпроекта. На стадии эскизного проекта создается макет будущего самолета, на стадии рабочего проекта – первый опытный образец, а при испытаниях задействуется серийный самолет.

В связи с постоянным ростом стоимости и сроков создания новых самолетов увеличиваются неблагоприятные последствия принципиально неустранимых научно-технических рисков. Снижение этих последствий возможно введением в действие пошаговых стратегий управления проектами. Например, в проектах с идентифицированным высоким риском пиковые значения финанси-

НИР	ОКР					Ввод в эксплуатацию
	Аванпроект	Эскизный проект	Рабочий проект	Испытания	Освоение производства	

(а) Российский стандарт в авиационной технике

Научные организации (бюджетное финансирование)			Промышленность (рыночное финансирование)			?
Фундаментальные исследования	Разработка технологий и формирование концепции	Демонстрация технологий (модель и прототип) Задание на новый образец и решение о его создании	?	Испытания	?	
(1)	(2–4)	(5–6)		(7–9)		(фаза не определена)

- 1) оценка влияния новых технологий;
- 2) сравнение альтернатив, выбор технологической концепции;
- 3) определение ключевых технологий, оценка рисков;
- 4) экспериментальная проверка в лабораторных условиях;
- 5) испытания модели в условиях, близких к реальным;
- 6) испытания в моделируемых условиях эксплуатации;
- 7) экспериментальные испытания прототипа;
- 8) заводские испытания натурального образца;
- 9) эксплуатационные испытания натурального образца.

(б) Перспективный российский стандарт в авиационной технике

Анализ потребностей и формирование технического задания (ТЗ)	Техническое предложение (аванпроект)	Эскизный проект	Технический (рабочий) проект	Изготовление и испытания	Эксплуатация	Снятие с эксплуатации и утилизация
--	--------------------------------------	-----------------	------------------------------	--------------------------	--------------	------------------------------------

(в) Российский стандарт в ракетно-космической технике

Pre-Phase A: Concept Studies	Phase A: Concept and Technology Development	Phase B: Preliminary Design and Technology Completion Предварительное проектирование и отработка технологии	Phase C: Final Design and Fabrication Окончательное проектирование и производство	Phase D: System Assembly, Integration and Test, Launch Сборка системы, испытания и запуски	Phase E: Operations and Sustainment Эксплуатация и поддержка	Phase F: Closeout Закрытие
------------------------------	---	--	--	---	---	-------------------------------

(г) Стандарт NASA

Pre-Phase 0 Determination of mission need Определение потребностей	Phase 0 Concept exploration Исследование концепций	Phase I Definition Выбор концепции	Phase II Engineering and manufacturing development Подготовка производства и испытания	Phase III Production, fielding/deploy and operation support Изготовление, развертывание, поддержка эксплуатации, снятие с вооружения
--	--	--	--	--

(д) Стандарт министерства обороны США

А Концептуальные исследования		В Детальная разработка		С Изготовление и развертывание	Д Эксплуатация
Обоснование необходимости создания	Разработка концепции	Опытные разработки и аттестация	Проектирование		

(е) Зарубежная практика создания сложных технических систем

Рис. 2. Некоторые стандарты жизненного цикла аэрокосмических программ

рования проекта смещаются в направлении завершающих этапов, когда большая часть рисков может быть устранена. При выявлении неразрешимых научно-технических проблем на ранних этапах проект может быть относительно безболезненно закрыт. Количество этапов создания самолета при этом должно быть увеличено, что вполне согласуется с увеличением жизненного цикла авиационной техники последних десятилетий и долгосрочными последствиями принимаемых стратегических решений.

Перспективная инновационная система, представленная департаментом авиационной промышленности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, предусматривает девять этапов, при этом риски при внедрении новых технологий существенно снижаются и в меньшей степени возлагаются на промышленность [3]. Предусматриваются следующие уровни готовности в инновационном цикле создания летательных аппаратов (см. рис. 2(б)).

Оценка влияния новых технологий (уровни готовности 1–2) относится к фундаментальным исследованиям. Далее разрабатывается технология и формируется концепция будущего летательного аппарата (уровни 3–4). Создание модели и прототипа (уровни 5–7) относится к демонстрации технологий. Эти этапы прикладных исследований выполняются на основе бюджетного финансирования и лежат в зоне ответственности научных организаций. После испытаний в моделируемых условиях эксплуатации формируется задание на новый образец летательного аппарата и принимается решение о его создании. Дальнейшие этапы (уровни 8–9) лежат в сфере ответственности промышленности, а финансирование работ ведется с использованием рыночных инструментов.

В описанной выше инновационной системе уделяется достаточно много внимания экспериментальным испытаниям, что более чем оправдано, поскольку этот этап создания нового летательного аппарата в ряде случаев не занимал должного места в отечественных аэрокосмических программах. Однако в упомянутом источнике ничего не сказано о фазах рабочего проектирования, освоении серийного производства и вводе в эксплуатацию после завершения эксплуатационных испытаний, включая послепродажную поддержку, которые также сталкиваются с проблемами. Вероятно, данная система создания летательных аппаратов представлена не в окончательном виде и предполагается ее дальнейшее совершенствование (а) либо она ори-

ентирована не на весь жизненный цикл летательного аппарата, включая маркетинг и эксплуатацию, а на реализацию технологий в выбранном направлении (б). В последнем случае упомянутая инновационная система достаточно близка к уровням технологической готовности, принятым в NASA [4]. Остановимся на этом подходе подробнее.

В NASA принято выделять девять уровней технологической готовности инновационных технологий (Technology Readiness Levels – TRL). К инновации на ранней стадии разработки относятся уровни 1–2. Авторы перспективных идей, отобранных на конкурсе продолжительностью 1/2 года, поощряются грантами. Через 4–8 месяцев с победителем конкурса заключается промышленный контракт. Перспективная технология отрабатывается на уровнях 3–4 в течение двух лет и еще одного года опционно. Эта фаза связана со значительным риском, достигающим 40–50 % («впадина» риска). Летной демонстрации применимости и новых возможностей соответствуют уровни 5–7. В результате лабораторных экспериментов и стендовых испытаний принимается решение о возможности испытательного полета. Отработанные технологии относятся к уровням 8–9.

Систему TRL дополняют предоставление NASA резиденций и экспериментальной базы в своих ресурсных центрах устоявшимся startup-компаниям и разработка с ними бизнес-кейсов (инвестиционных решений в стратегическом контексте с анализом затрат, прибыли и рисков) для аэрокосмических технологий, имеющих перспективы дальнейшей коммерциализации.

Близким к методологии управления проектами в области авиационной техники сложилось и содержание работ по ракетно-космической технике (см. рис. 2(в)). Оно также в целом соответствует ГОСТ 2.103–68 (1995), применяется в течение многих десятилетий и является достаточно традиционным для отечественной промышленности.

Представляет интерес сравнение отечественных стандартов жизненного цикла аэрокосмических программ с зарубежными. В первую очередь следует сосредоточить внимание на известном стандарте агентства NASA [5]. Справочник агентства NASA (рис. 2(г)) предназначен для обеспечения поддержки общего руководства и информированности в области инженерных систем (SE). Он представляет собой общее описание SE для улучшения координации проектов и практики продвижения SE. В этом пособии освещаются не только общие понятия и описания процессов, инструмен-

тов и техник управления проектами, но и дается информация о передовой практике и характерных ошибках проектирования SE, которых следует избегать. В числе прочей информации представляет интерес системное описание вспомогательных жизненных циклов: систем управления полетом и наземной поддержки (FS и GS), исследований и технологии (R&T), строительства объектов (CoF), и соблюдения экологии и рекультивации (ECR). Прописаны дисциплинирующие рекурсивные и итеративные процедуры, упорядочивающие жизненный цикл программ и проектов.

В отличие от предыдущих версий (например, 1995 г.), в действующий Справочник агентства NASA добавлена Phase F: Closeout (закрытие проекта). Практически во всех современных практиках и стандартах управления проектами этой фазе уделяется повышенное внимание; причины этого в достаточной степени раскрыты, например, в заключении работы [6].

Известный свод неформальных рекомендаций «Сто правил руководителей проектов NASA» [7] включает разделы, отражающие позиции заинтересованных сторон проекта (руководитель, менеджеры, персонал, инженеры и ученые, субподрядчики, заказчики); фазы и документация проекта (инициация, отчетность, контракты, планирование, бюджетирование и оценка). Затронут обширный круг вопросов принятия решений, коммуникаций, использования различных видов обеспечения (аппаратное и программное), профессиональной этики и порядочности, переговоров и предотвращения неудач.

Нормативная структура управления проектами и системного проектирования компетенций, включающая пять сфер компетенций в области управления проектами, три системы в области инженерных компетенций и пять областей общих компетенций управления инженерными системами, представлена в документе NASA [8]. Его появление было инициировано изучением совокупности факторов, приведших к катастрофе многофазовой транспортной космической системы Space Shuttle («Challenger»). Этот процедурный по своему характеру документ дает подробное описание навыков, поведения, действий и опыта, которые входят в состав необходимых компетенций на четырех уровнях карьеры, начиная от членов команды проекта для руководителей программ или очень больших проектов.

Стандарт Министерства обороны США [9] поддерживает системный подход в инженерной

области деятельности (см. рис. 2(д)). Приводятся практические рекомендации и указания о современных процедурах проектирования в условиях сложного и изменчивого внешнего окружения и о решении возникающих системных проблем. Важной особенностью данного руководства является акцентирование внимания разработчиков на адаптации процессов формирования облика инженерных систем к сетевым эффектам, характерным для современного мира.

В общих чертах аналогичные задачи решает учебное руководство «Основы инженерных систем» [10]. Эта книга представляет собой интегрированное описание инженерных и управленческих дисциплин, которые относятся к развитию и управлению жизненным циклом системы. Для управленческих категорий персонала она обеспечивает понимание того, как система разработана. Для менеджера проекта и инженерно-технических работников демонстрируется задание основных рамочных условий, обеспечивающих эффективное планирование и оценку развития системы.

Зарубежная практика создания сложных технических систем, представленная на рис. 2(е), часто включает фазы, индексруемые названиями *A* (принятие решения и формирование концепции системы), *B* (демонстрационный макет и рабочий проект), *C* (штатные изделия), *D* (работающая система) и т.д. [11].

Определенный интерес представляет описание и сопоставление систем управления американскими и европейскими аэрокосмическими программами [12]. Большое внимание в этой книге уделено исключительно важному опыту программы пилотируемого полета на Луну Apollo. Отмечено, что истоки методологии управления проектами прослеживаются еще с древних времен. В середине прошлого столетия мощный импульс развития проект-менеджмент получил в аэрокосмической промышленности при создании баллистических ракет, а затем и других типов летательных аппаратов. Это позволило тщательнее управлять сроками, бюджетом и результатами проектов, которые в данной работе представлены следующими фазами: Feasibility Studies (технико-экономическое обоснование); Preliminary Design (предварительное проектирование); Detail Design (рабочее проектирование); Manufacturing and Test (подготовка производства и испытания); Productions (серийное производство); Operations (эксплуатация).

Особенности организации различных фаз аэрокосмического проекта можно также представить

на примере системы проектирования гражданских самолетов, принятой в корпорации Airbus. Начальным этапом работ по новому летательному аппарату является определение возможности достижения заданных целевых, операционных и проектных характеристик изделия (Feasibility stage) [13]. Если обратиться к отечественной практике, то можно заметить, что Feasibility stage объединяет стадии формирования и выпуска ТЗ с последующей разработкой аванпроекта. Одними из результатов Feasibility stage являются разработка мастер-геометрии – теоретических обводов и предварительная проработка основных узлов и агрегатов.

Ключевым результатом данной стадии является выпуск Руководства для конструктора (Design Principles), в котором изложены основные вопросы конструирования. Руководство Design Principles выпускается для каждой новой программы. Рекомендации данного документа основаны на опыте разработки и эксплуатации предыдущих моделей, данных натурных испытаний образцов конструкции, на новых результатах научных разработок и освоенных технологиях производства и являются обязательными к использованию.

Разработка концепции (Concept phase) по объему работ значительно более трудоемкая, чем традиционный этап эскизного проектирования. Начинается она с создания упрощенного трехмерного макета и сопровождается разработкой различных вариантов конструктивных узлов и агрегатов.

После выбора концепции процесс переходит в первую часть фазы предварительного определения конструкции (Definition phase). Концепция летательного аппарата уточняется:

- проводятся прочностные расчеты;
- выбираются предполагаемые поставщики комплектующих;
- интенсифицируется координация со сборочным производством;
- создается детализированный трехмерный макет с выбранной технологией и проведенным анализом прочности конструкции.

Во второй части фазы Definition phase (старое название Development phase) начинается окончательное определение конструкции, которое включает в себя:

- окончательное определение трехмерного макета;
- выпуск конструкторской документации с применением концепции параллельного проектирования (Concurrent Engineering) для сокращения сроков разработки;

– производство деталей, сборка секций и окончательная сборка самолета;

– летные испытания, выполнение работ по сертификации и сопровождение до начала эксплуатации операторами.

При создании самолета Airbus A-350 менеджеры данного проекта сертифицируются по стандарту РМВОК®. Этот подход не является общепризнанным в силу того, что в целом данный стандарт опирается на последовательное разворачивание проекта без циклических итераций, а это не характерно для авиационной отрасли. Поэтому изучение применимости данного опыта по результатам разработки А-350 будет представлять интерес.

В конечном итоге на практике разработка, опытное производство и летные испытания нового самолета занимают в среднем 5,4–6,8 лет (включая летные испытания продолжительностью 1,1–2 года). Большие значения указанных сроков относятся к компании Airbus, меньшие – к Boeing. Ретроспективная информация о разработке, опытном производстве и летных испытаниях для различных моделей самолетов этих корпораций представлена в виде диаграммы Ганта на рис. 3.

Несмотря на постоянное совершенствование систем управления проектами и методик проектирования, продолжительность разработки, опытного производства и летных испытаний самолетов имеет тенденцию к некоторому росту, что видно из данных рис. 4.

На эту тенденцию роста сроков повлияло создание и продвижение в последние годы таких инновационных разработок, как самолеты Boeing B-787 и Airbus A-380, которые столкнулись со значительными технологическими и организационными затруднениями. Можно ожидать, что в будущем сроки создания новых гражданских самолетов не будут увеличиваться.

На рис. 5 приведен пример диаграммы Ганта (Gantt) для исследовательского проекта [14], предусматривающего пошаговое управление стратегией его реализации.

В итоге можно отметить следующие тенденции развития отечественной практики управления наукоемкими проектами. Увеличивается число фаз жизненного цикла продукции, что повышает управляемость проектов и программ в условиях усложнения внешнего окружения и внутренней среды. Усиливается роль различного рода стандартов и процедур принятия решений. Управление наукоемкими проектами приближается к зарубежным подходам и стандартам в отношении больше-

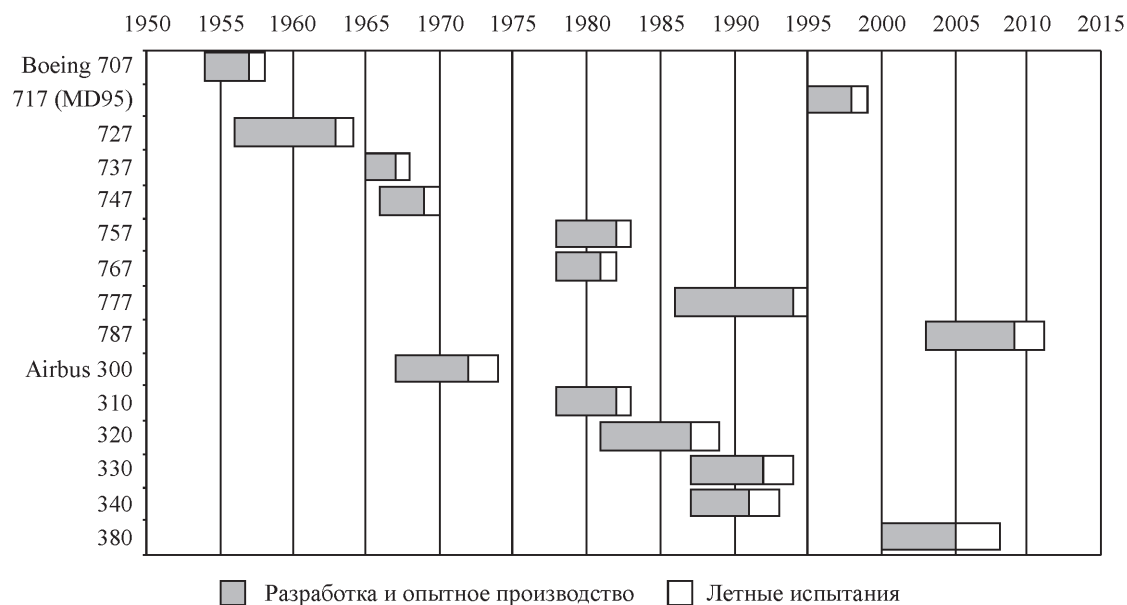


Рис. 3. План-график разработки, опытного производства и летных испытаний самолетов Boeing и Airbus

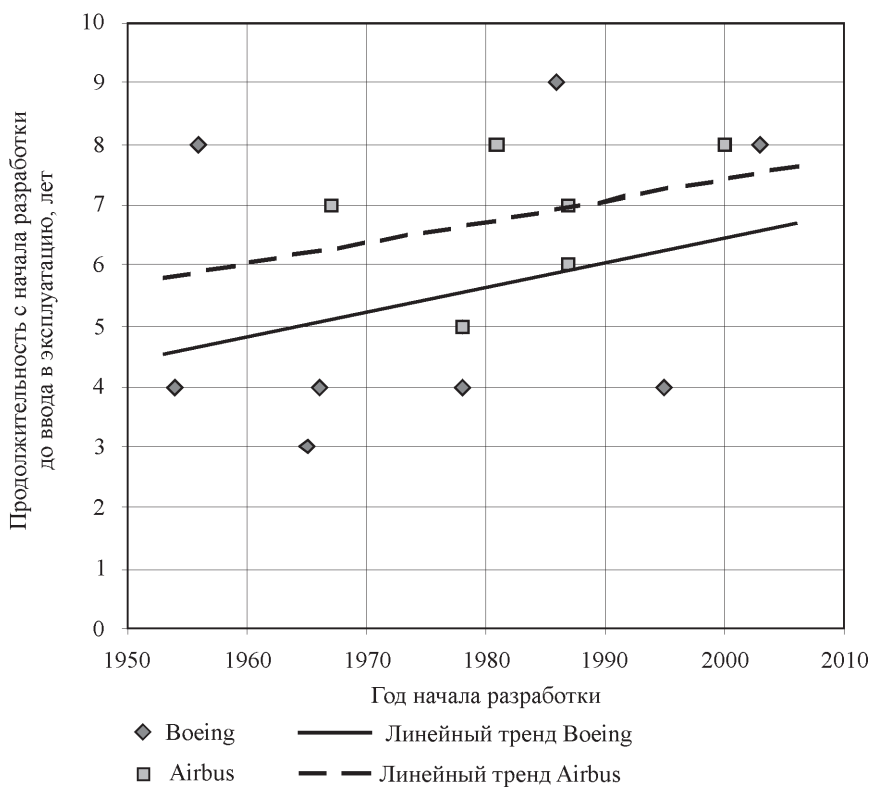


Рис. 4. Общие сроки разработки, опытного производства и летных испытаний самолетов Boeing и Airbus

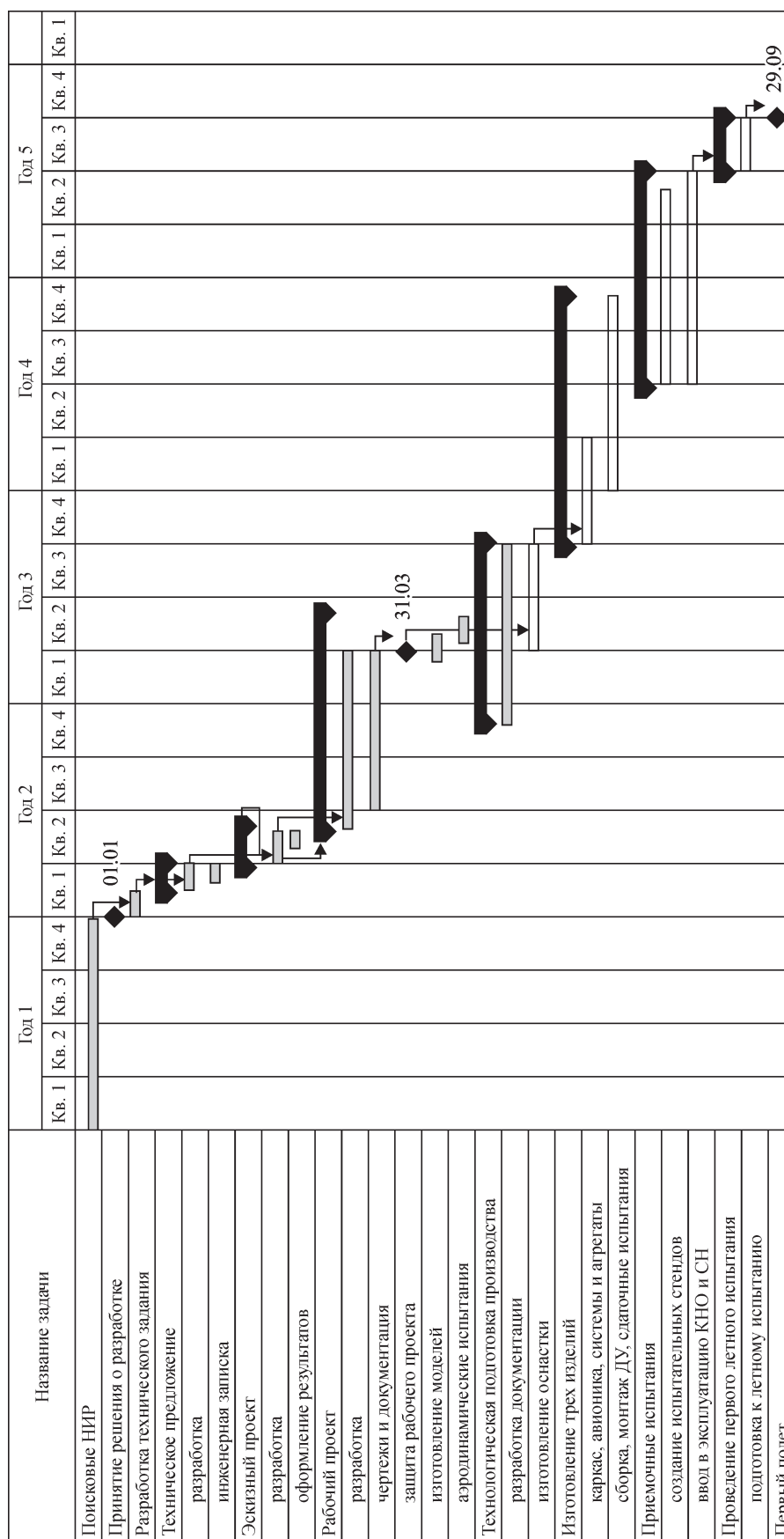


Рис. 5. Пример исследовательского проекта

го внимания к экспериментальному обеспечению процесса разработки. Экспериментальные исследования на стадии НИР носят преимущественно тематический характер; при переходе на стадию ОКР они приобретают объективный характер. Ответственность за эксплуатацию, которая ранее возлагалась почти исключительно на оператора, теперь будет в значительно большей степени разделяться с разработчиком (послепродажное обслуживание, поддержка в течение всего жизненного цикла). Усложнение управления наукоемкими проектами сопровождается одновременным усилением интеграции и итеративности всех фаз жизненного цикла.

Необходима доработка или дополнение новыми документами действующих отечественных норм системы конструкторской документации до уровня, расширяющего диапазон действия данного документа в направлении фундаментальных и прикладных исследований (включая обоснование концепции с позиции маркетинга, если предусматривается коммерческое использование) и поддержки эксплуатации и утилизации изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Адизес И. Управление жизненным циклом корпорации / И. Адизес / пер. с англ.; под ред. А. Г. Сеферяна. – СПб. : Питер, 2007. – 384 с.
 2. Bass F. M. A new product growth model for consumer durables / F. M. Bass // Management Science. – 1969. – № 15. – P. 215–227.
 3. Авиационная промышленность РФ – итоги и планы. Ч. 3. – Режим доступа: <http://www.aviaport.ru/news/2011/03/30/213048.html> (дата обращения: 09.01.2013).
 4. Жиц Р. Ю. Опыт NASA: инновации в космических технологиях / Р. Ю. Жиц // Новости космонавтики. – 2013. – Т. 23, № 1(360). – С. 44–47.
 5. Systems Engineering Handbook: NASA/SP-2007-6105 Rev1. – 360 p.
 6. Володин С. В. Влияние временного фактора на результативность и эффективность проектов в наукоемких отраслях / С. В. Володин // Современный менеджмент: проблемы, гипотезы, исследования: сб. науч. тр. – М.: Изд. дом ВШЭ, 2011. – Вып. 3: в 2 ч. Ч. 1. – С. 344–354.
 7. One Hundred Rules for NASA Project Managers. – Режим доступа: http://www.oliverlehmann.com/tl_files/oliverlehmann/media/pdfs/free-downloads/Nasa-Hundred-Rules-for-Project-Managers.pdf (дата обращения: 17.03.2013).
 8. Project Management and Systems Engineering Competency Framework: NASA. Academy of Program/Project & Engineering Leadership. September 24, 2012 Rev. 3.0. – Режим доступа: http://www.nasa.gov/offices/oce/appel/pm-development/pm_se_competencies.html (дата обращения: 17.03.2013).
 9. Systems Engineering Guide for Systems of Systems. Version 1.0 August 2008. Department of Defense Office of the Deputy Under Secretary of Defense for Acquisition and Technology. – 148 p.
 10. Systems Engineering Fundamentals. January 2001. Department of Defense. Systems Management College. – 222 p.
 11. Сердюк В. К. Проектирование средств выведения космических аппаратов / В. К. Сердюк; под ред. А. А. Медведева. – М.: Машиностроение, 2009. – 504 с.
 12. Johnson S. B. The secret of Apollo: systems management in American and European space programs / S. B. Johnson. – The Johns Hopkins University Press. – Baltimore and London, 2002. – 311 p.
 13. Виноградов С. Ю. Особенности проектирования самолетов в AIRBUS: реализация программы A350XWB / С. Ю. Виноградов // Рациональное управление предприятием. – 2011. – № 4. – С. 30–33.
 14. Володин С. В. Проектный подход к стратегическому управлению в наукоемкой отрасли / С. В. Володин // Экономика и предпринимательство. – 2013. – № 2. – С. 233–237.
- Moscow Aviation Institute (National Research University)*
Volodin S. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Cosmonautics named after K. E. Tsiolkovsky
E-mail: s_volodin@bk.ru