

В.В. Клочков, В.Ю. Николенко

СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ АВИАТЕХНИКИ

Москва
Издательство МГУЛ
2013 г.

УДК 001.89:65.01:629.7.01

K50

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Вермель Владимир Дмитриевич, начальник Научно-технического центра ФГУП «ЦАГИ им. проф. Н.Е.Жуковского»; доктор экономических наук, профессор Калачанов Вячеслав Дмитриевич, заведующий кафедрой «Системы управления экономическими объектами» МАИ им. С.Орджоникидзе

Клочков В.В.

K50 Современная организация создания авиатехники: монография / В.В.Клочков, В.Ю.Николенко. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013.-348 стр.

ISBN 978-5-8135-0593-5

В книге изложены современные принципы организации всех этапов создания сложной наукоемкой продукции авиационной промышленности – от формирования требований до сопровождения в эксплуатации.

Книга предназначена для инженеров и менеджеров авиационной промышленности и других наукоемких отраслей.

УДК 001.89:65.01:629.7.01

Научное издание

**Клочков Владислав Валерьевич
Николенко Виктор Юрьевич**

**СОВРЕМЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
СОЗДАНИЯ АВИАТЕХНИКИ**

В авторской редакции

Подписано в печать 16.07.2013. Тираж 250 экз. Заказ №165
Издательство Московского государственного университета леса, 141005, Мытищи-5,
Московская обл., 1-ая Институтская, 1, МГУЛ

ISBN 978-5-8135-0593-5

© В.В.Клочков, В.Ю.Николенко, 2013
© ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
ВВЕДЕНИЕ. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОСОБЕННОСТИ	10
<i>0.1. Этапы создания авиационной техники</i>	<i>10</i>
0.2. Современное построение реализации крупномасштабных научно-технических проектов в промышленности	15
ГЛАВА 1. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ АВИАТЕХНИКИ И ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ АВИАСТРОЕНИЯ	19
1.1. Жизненный цикл авиатехники	19
1.1.1. Основные этапы и временная структура жизненного цикла авиатехники	19
1.1.2. Особенности структуры стоимости жизненного цикла	20
1.2. Экономические особенности наукоемкой и высокотехнологичной промышленности	26
1.2.1. Модели затрат и прибыли авиастроительного предприятия	26
1.2.2. Риски реализации авиастроительных проектов	34
1.3. Современная отраслевая организация авиационной промышленности	39
1.3.1. Направления производственной реструктуризации авиационной промышленности	39
1.3.2. Эффективность и риски реструктуризации авиационной промышленности	44
1.3.3. Проблемы организации разработки авиатехники в сложных организационных структурах	51
ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВИАТЕХНИКЕ И МАРКЕТИНГ В АВИАСТРОЕНИИ	61
2.1. Требования рынка к новой продукции авиастроения и срокам ее создания	61
2.1.1. Что такое конкурентоспособность	61
2.1.2. Экономическая эффективность как мерило конкурентоспособности	63
2.1.3. Резервы повышения конкурентоспособности гражданской авиатехники российского производства	68
2.1.4. Проблемы освоения новых рынков авиатехники	73
2.1.5. Конкуренция во времени на рынках авиатехники и формирование требований к срокам создания изделий	82
2.2. Маркетинговые исследования и определение требований к перспективному продукту	94
2.2.1. Значение выбора облика перспективных изделий авиастроения	94
2.2.2. Организация маркетинга на рынках авиатехники	98

2.3. СИСТЕМНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВИАТЕХНИКЕ И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	102
2.3.1. <i>Эволюция менеджмента качества</i>	102
2.3.2 <i>Процессный подход к управлению качеством</i>	105
ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ АВИАТЕХНИКИ	111
3.1. ПРОЕКТНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СОЗДАНИЕМ АВИАТЕХНИКИ: ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ И ИХ РЕГЛАМЕНТАЦИЯ	111
3.2. ОРГАНИЗАЦИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ИНЖИНИРИНГА	116
3.2.1. <i>Исходные положения</i>	116
3.2.3 <i>Задачи освоения технологий параллельного инжиниринга</i>	123
3.3. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВИАТЕХНИКИ	126
3.4. СЕРТИФИКАЦИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ	130
3.5. АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВИАТЕХНИКИ	135
3.5.1. <i>Описание стартового этапа разработки нового изделия (на примере Airbus)</i>	135
3.5.2. <i>Сокращение сроков создания авиадвигателей в GE</i>	136
3.5.3. <i>Уроки создания двигателя НК-93</i>	139
3.5.4. <i>Центры иностранных авиастроительных компаний в России – экономика успеха</i>	141
ГЛАВА 4. ПОДГОТОВКА И ОСВОЕНИЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАТЕХНИКИ	143
4.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НОВЫХ ИЗДЕЛИЙ	143
4.2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА АВИАТЕХНИКИ	144
4.4. ПРОБЛЕМЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕ АВИАТЕХНИКИ	152
4.5. АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ОРГАНИЗАЦИИ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАТЕХНИКИ	161
4.5.1. <i>Сравнительный анализ эффективности серийного производства авиатехники в РФ и за рубежом</i>	161
4.5.2. <i>Цепочки подрядчиков Боинга и проблемы выпуска B-787</i>	164
4.5.3. <i>Современный подход к схеме кооперации поставщиков (пример Embraer 190)</i>	165
ГЛАВА 5. СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ АВИАТЕХНИКИ	177
5.1. ФУНКЦИИ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАТЕХНИКИ	177
5.2. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕРНИЗАЦИИ АВИАТЕХНИКИ	187
5.3. АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА СОПРОВОЖДЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ АВИАТЕХНИКИ	198

ГЛАВА 6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВИАТЕХНИКИ	201
6.1. Виды НИР в обеспечение создания новой техники	201
6.2. Экономические аспекты реализации НИР	204
6.2.1. Новизна изделия и технический риск	204
6.2.2. Экономические аспекты реализации высокорисковых НИР	209
6.2.3. Кооперация в сфере инновационных разработок	215
6.3. Оценка уровней зрелости технологий (УЗТ) и производства новых продуктов (УЗП)	220
6.4. Практический опыт проведения НИР в обеспечение создания перспективной авиатехники	228
6.4.1. Организация исследовательских программ Евросоюза в авиастроении	228
6.4.2. Исследовательские программы в сфере авиастроения в США	232
ГЛАВА 7. ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММ СОЗДАНИЯ АВИАТЕХНИКИ	237
7.1. Экономические основы планирования и управления реализацией программы создания авиатехники	237
7.2. Современная организация планирования и управления реализацией программ создания наукоемких изделий	238
7.2.1. Недостатки существующей системы управления реализацией программ в российском авиастроении	238
7.2.2. Современная организация управления проектами	240
7.2.3. Система гейтов как инструмент контроля реализации программы	245
7.3. Анализ практического опыта управления реализацией программ в авиастроении	250
7.3.1. Примеры реализации системы ворот принятия решений (гейтов)	250
7.3.2. Программа реформирования компании Airbus как пример проектного управления	252
7.3.3. Уроки управления производственной программой самолета F-22 (Lockheed Martin, Boeing и General Dynamics)	256
ГЛАВА 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВИАТЕХНИКИ	259
8.1. Функции и структура информационных систем, применяемых при создании авиатехники	259
8.2. Экономические аспекты внедрения CALS-технологий на различных стадиях жизненного цикла авиатехники	262
8.2.1. Экономическая эффективность применения CALS-технологий на предпроизводственных стадиях ЖЦИ	262

8.2.2. Экономическая эффективность организации виртуальных предприятий.....	266
8.2.3. Экономическая эффективность применения CALS-технологий на стадии эксплуатации авиатехники.....	272
8.2.4. Экономическая эффективность применения CALS-технологий – общие соображения.....	275
8.3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ АСПЕКТЫ PLM-управления жизненным циклом продукта.....	278
<i>При построении единого информационного пространства проекта (ЕИП) нужно учитывать, что сегодня в мире продолжается массовая информатизация производств и систем управления, обусловленная следующими факторами</i>	<i>279</i>
8.3.2. Управление конфигурацией продукта.....	288
8.3.3. Условия успешного внедрения системы PLM и ее преимущества.....	292
8.4. АНАЛИЗ ПРАКТИЧЕСКОГО ОПЫТА ВНЕДРЕНИЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЙ В АВИАСТРОЕНИИ	295
ГЛАВА 9. УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ И КАДРОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ В АВИАПРОМЫШЛЕННОСТИ	303
9.1. КВАЛИФИКАЦИЯ ПЕРСОНАЛА АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ КАДРОВ.....	303
9.2. СИСТЕМА ПОДБОРА, ОБУЧЕНИЯ, ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕПОДГОТОВКИ КАДРОВ.....	307
9.3. ОРГАНИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	312
9.4. ПОДГОТОВКА РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ В АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ	315
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	319
БЛАГОДАРНОСТИ.....	320
ОСНОВНАЯ РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА	321
ПЕРЕЧЕНЬ ЧАСТО ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ.....	321
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	323
Приложение П.0. FMEA КАК ИНСТРУМЕНТ СИСТЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИЗДЕЛИЙ.....	323
Приложение П.1. ПРОЕКТЫ НЕКОТОРЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	325
<i>Приложение П.1.1. Состав и представление информации в информационной модели ВС.....</i>	<i>325</i>
<i>Приложение П.1.2 Вопросы аудита для вероятного поставщика инжиниринговых услуг.....</i>	<i>330</i>
<i>Приложение П.1.3. План качества проекта (при работе в ЕИП) ...</i>	<i>334</i>
<i>Приложение П.1.4. Оценки основных характеристик персонала</i>	<i>347</i>

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга написана, прежде всего, для тех, кто собирается работать в российской авиационной промышленности и участвовать в ее возрождении. Что же для этого нужно, и почему ее потребовалось возродить? Естественно, корректный ответ на эти вопросы не может быть кратким, но все же, попытаемся выделить основные проблемы. При переходе к рыночным условиям большая часть продукции отрасли стала неконкурентоспособной, но не потому, что отечественные конструкторы, ученые и рабочие менее способны и грамотны в своих профессиональных областях, чем зарубежные. Вначале даже у ведущих специалистов отрасли не было понимания того, какую именно продукцию следует создавать, как ее продавать и обслуживать, чтобы она пользовалась спросом на открытом рынке. Сыграла свою роль и пассивная позиция государства (да и возможностей оказать помощь стратегически важной отрасли у него было немного). Однако сейчас, когда возобновилась масштабная поддержка развития авиастроения, и даже появляются заказы на продукцию, все чаще приходится слышать о другой, гораздо более глубокой проблеме: в нашей стране современными принципами, навыками и технологиями создания авиатехники владеет явно недостаточное количество специалистов. Что имеется в виду, и как эту проблему преодолеть?

Разумеется, если, например, расчетчики-прочности или аэродинамики освоят современные зарубежные пакеты программ для проведения соответствующих расчетов, и даже если таких специалистов наберется на целое конструкторское бюро, этого еще совершенно недостаточно для того, чтобы этот «коллектив» создал изделие, не уступающее современным зарубежным. Летательный аппарат или авиадвигатель – это сложная техническая система, при создании которой приходится решать целый комплекс проблем в различных предметных областях – аэрогидродинамике, прочности, конструкции, теории управления и т.п. Помимо технических проблем, есть еще экономические, организационные, кадровые, экологические, даже политические. Все они диктуют противоречивые требования, и великие авиаконструкторы прошлого умели разрешать такие противоречия. Они были не только инженерами и учеными, но, прежде всего, в то время, выдающимися организаторами. Современная авиатехника гораздо сложнее, и в ее создании участвует такое количество специалистов разного профиля, что увязать в единую систему все возникающие проблемы уже не под силу даже самому гениальному руководителю. Более того, это уже не под силу и отдельному специалисту в рамках его сферы ответственности. В такой сложной системе, как летательный аппарат или авиадвигатель, все взаимосвязано, и даже небольшая, на первый взгляд, ошибка (техническая или экономическая) может стать критичной. Поэтому на смену личной гениальности отдельного

конструктора приходит системная инженерия и организация командной работы. На основе опыта и достижений технических и управленческих наук сложилась система принципов, правил и процедур создания высокотехнологичных продуктов, следуя которым, тысячи и даже десятки тысяч специалистов по всему миру могут слаженно работать над созданием одного изделия, делая его по требованиям заказчиков, и укладываясь в жесткие рамки имеющихся ресурсов (материальных и временных) и нормативных ограничений. Причем, эти принципы и правила должны быть устойчивыми к разнообразным рискам – как внутренним, так и внешним.

Ведущие авиастроительные компании мира в последние десятилетия достигли больших успехов в развитии системной организации создания авиатехники. Разработанные полезные принципы и методы были формализованы, превращены в стандарты и инструкции. Также немалую роль сыграло масштабное внедрение информационных технологий, предоставляющих авиастроителям (и не только им) новые возможности для повышения эффективности работы. Нельзя сказать, что в нашей стране не понимали важности системной организации создания сложной техники – были и современные научные разработки, и успешный практический опыт. Однако они были утрачены в кризисный период даже в большей степени, чем собственно технологические компетенции. Кроме того, изменился экономический строй, и далее приходится работать в рыночных условиях – а потому далеко не весь советский опыт в части организации разработки и производства сейчас применим. Поэтому в настоящее время российским авиастроителям, собирающимся создавать современную авиатехнику, приходится многому учиться у зарубежных коллег (партнеров и конкурентов) техническим, экономическим и организационным технологиям, точнее, их адаптации к реалиям конкуренции.

В этой книге в доступной форме изложены принципы и методы системной организации создания авиатехники, опробованные за рубежом, а теперь – и в России, в практике российских инженерных центров ведущих авиастроительных компаний мира. По возможности, приводятся даже конкретные типовые правила, процедуры, документы, пригодные для практического использования. Однако ограничиться лишь этим, значит обречь читателя на бездумное зазубривание правил и процедур. Увы, этим грешат многие примеры внедрения «передовых принципов менеджмента» в нашей стране. Такой подход напрашивается на известную аналогию (что символично, имеющую прямое отношение к авиации). Во время Второй Мировой войны на некоторых островах Океании располагались авиабазы ВВС США. Прилетавшие на самолетах американские военнослужащие являли местному населению пример богатства и могущества (а иногда и делились материальными благами), и в итоге на островах возникли культы *самолетопоклонников*. Их приверженцы даже спустя десятилетия после ухода американских ВВС старательно расчищают взлетно-посадочные полосы в джунглях, зажигают посадочные огни, аккуратно воспроизводят из подручных материалов различные аэродромные постройки и сооружения, в

надежде, что их божества вновь прилетят и щедро одарят своих почитателей... Так же выглядят и многие «современные менеджеры», заучившие и старательно повторяющие модные англоязычные термины и «безотказные универсальные принципы», не понимая их сути, фундаментальных причин их происхождения. Результаты, однако, показывают, что лишь соблюдая «западные» ритуалы (в т.ч. и с помощью информационных технологий и новейших компьютеров), современную технику не создать. Кроме того, зарубежный опыт весьма разнообразен, и далеко не всегда успешен. Поэтому изложение принципов системного управления созданием авиатехники сопровождается экономическим анализом истоков этих принципов. С помощью упрощенных (подчас - схематичных) экономических моделей и расчетов, показано влияние тех или иных деталей организации создания авиатехники на успешность развития авиастроительных компаний. Проводится критический анализ опыта создания авиатехники – как зарубежного, так и отечественного, как удачного, так и неудачного.

Авторы надеются, что эта книга окажется полезной не только для организаторов производства, управленцев, а также и для желающих научиться работать на современном мировом уровне авиационных инженеров и ученых, студентов технических вузов и молодых специалистов. Создание сложной техники (в т.ч. авиационной) – удел не бездумных исполнителей, а профессионалов, которые понимают, что именно они делают, и какое место в общем результате занимает их личный вклад. В то же время отметим, что в современных подходах нет ничего экстраординарного, что нельзя было бы освоить. Предлагаемая работа не является практическим руководством, но может подсказать желающим двигаться в данном направлении стандарты, регламенты, документы, большинство из которых доступно в сети Интернет. Для придания книге целостности изложения, в некоторых местах приведены краткие разъяснения хорошо известных методов, чтобы не отвлекать внимание читателя ссылками на другие источники. Для упрощения поиска дополнительных сведений в сети Интернет, в ряде случаев приводятся английские эквиваленты терминов.

Книга построена следующим образом. В первой главе дано краткое введение в рыночную экономику авиационной промышленности и системную инженерию. В нескольких следующих главах, соответствующих основным этапам жизненного цикла изделий, описана организация работ по созданию авиатехники на каждом из этих этапов. В заключительных главах рассмотрены подробно проблемы, общие для всех этапов жизненного цикла: управление стоимостью и процессом реализации программы, применение информационных технологий, управление знаниями и подготовка персонала. В каждой главе нормативные сведения о том, как должно быть организовано (на основе передовых методов) создание авиатехники, сопровождаются описанием реального опыта и экономическим анализом данных примеров.

ВВЕДЕНИЕ. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ СЛОЖНОЙ ТЕХНИКИ: ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОСОБЕННОСТИ

1.1. Этапы создания авиационной техники

Несмотря на средние показатели совокупного национального продукта, Россия уверенно входит в лидирующую пятерку-десятку стран, обладающих полным циклом высоких (критических) технологий в авиации, космосе, атомной отрасли, специальных химических и электронных производствах, металлургии, биотехнологиях. На этих направлениях РФ имеет также сильные научные школы, и соответствующую базу знаний для успешной конкуренции на мировом рынке. Под критическими понимаются ключевые технологии, определяющие приоритеты инновационного развития страны на определенный период. Правительством РФ утвержден перечень из 70 критических технологий, отраслевые министерства детализируют и реализуют планы работ. Инициирован процесс технического перевооружения крупнейших базовых российских компаний, работающих в основных приоритетных направлениях.

В наукоемких отраслях промышленности развитие новых изделий, улучшение их характеристик (снижение топливопотребления, экологического воздействия на окружающую среду и др.) происходит под влиянием как технологических, так и экономических факторов. В системе управления процессом создания продукта необходимо исходить из того, что важнейший капитал наукоемкого предприятия – это не столько оборудование (пусть даже сложное и дорогостоящее), а технологии, бизнес-процессы, и, главное – квалифицированные специалисты. Кроме того, для достижения успеха на рынке можно и нужно ассимилировать передовой мировой опыт по системам менеджмента, инжиниринга, обеспечения качества и сертификации, информационным технологиям, обеспечения технологической совместимости с поставщиками, подготовки кадров на международном уровне.

Успех реализации научно-технических проектов на промышленном предприятии зависит, прежде всего, от его организационной структуры управления. Революционные изменения в технике и технологии производства, а также расширение его объема и номенклатуры, разнообразие и неустойчивость потребительского рынка, рост неопределенности при увеличении масштабов НИОКР существенно сократили управленческие возможности старой системы руководства предприятием. В основе построения новых структур управления лежит *процессный подход*.

В рамках процессного подхода любая деятельность предприятия, которая использует ресурсы для преобразования входов в выходы, рассматривается как *процесс*. Управление процессом подразумевает в том числе управление затратами на этот процесс. За каждый вид процессов отвечают определенные исполнители.

Процессный подход позволяет организовать матричные структуры управления на предприятии с эффективным взаимодействием функциональной специализации (вертикаль) и проекта, программы, продукта, бизнес-процессов (горизонталь управления). Процессный подход реализуется в рамках существующих международных стандартов ISO, в частности, ISO 9001-2008 «Системы менеджмента качества» и стандарта ГОСТ/ISO 15288-2005, где вводится понятие *жизненного цикла изделия*.

Жизненный цикл (ЖЦ) изделия рассматривается как непрерывный процесс, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания изделия и заканчивается после принятия решения о нецелесообразности его использования и снятия с эксплуатации. ЖЦ включает в себя последовательность следующих этапов (фаз, стадий): замысел, проектирование, изготовление образца, организацию производства, серийное производство, эксплуатацию, ремонт, модернизацию, вывод из эксплуатации, утилизацию. Данный перечень зависит от специфики объекта, подробнее см. главу 1. Полная совокупность этапов и составляет жизненный цикл (рис .0.1). В верхнем ряду рисунка выделены вехи завершения основных фаз проекта.

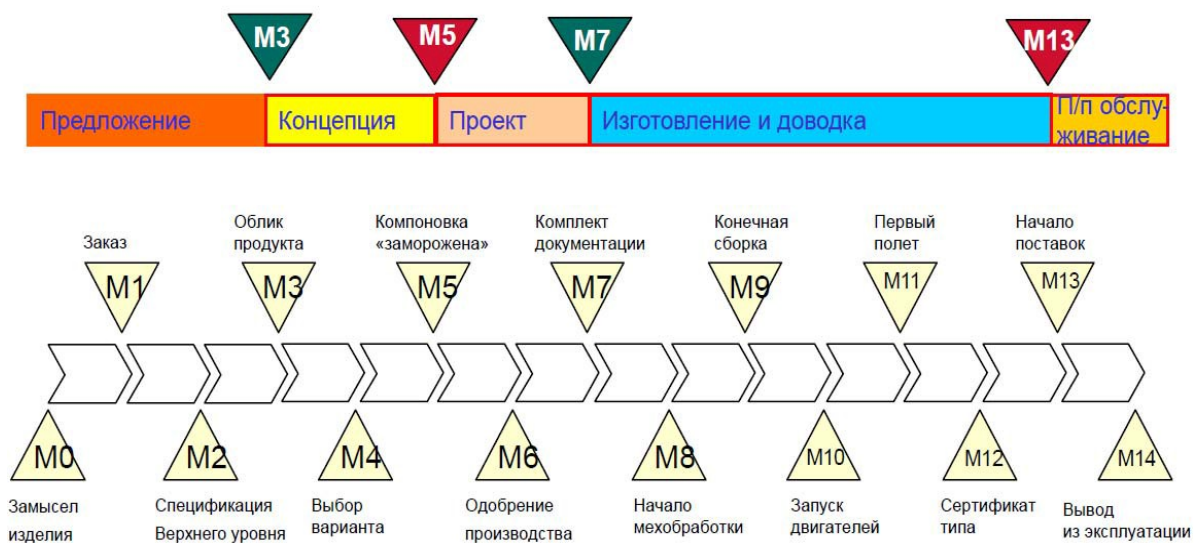


Рис. 0.1. Этапы жизненного цикла авиационного проекта (по Airbus)

Собственно процесс разработки новых продуктов в авиационной (и в любой другой высокотехнологичной отрасли) начинается с первого шага: замысла, генерации идей. Для каждого успешного нового продукта многие новые идеи должны быть предложены, и многие предложения отброшены по разным причинам.

Внутренняя оценка, второй шаг, ранжирует и далее устраняет те принятые идеи, которые оцениваются наименьшими шансами на успех. Необходимо учесть характеристики производства предприятия и его

потенциальных партнеров, технологии, перевооружение и маркетинговые возможности.

Третий этап, разработка концепции и тестирование, требует официальных оценок концепции продукта потребителями, как правило, через различные формы маркетинговых исследований. При помощи маркетологов определяется, сможет ли новый продукт достичь при выпуске окупаемого количества продаж.

На четвертом этапе бизнес-анализа проводится анализ конкурентоспособности продукта по цене. Идея, прошедшая первые три этапа, может быть отброшена после анализа маркетинговых и производственных затрат, в связи с ограниченным потенциалом для обеспечения прибыльности или коммерческого успеха.

Пятый этап, разработка и производство первого опытного образца, является первым, где расходы на продукт начинают заметно возрастать. Поэтому компании уделяют повышенное внимание первым четырем этапам, где готовится решение к выходу на пятый этап. На этом этапе замысел превращается в продукт, хотя и не заверченный. Перед тем, как делать значительные инвестиции, необходимо тщательно оценить перспективы потребительской ценности продукта. Они означают, что продукт действительно удовлетворяет потребности, определенные заказчиками, т.е. соответствует их требованиям. На самом деле, учитываются интересы более широкого круга заинтересованных в проекте лиц (stakeholders), т.е. не только потребителей. Для перевода требований Заказчика в технические характеристики продукта используют процедуры *развертывания функции качества* РФК (QFD), см. главу 4.4.

На следующем, шестом этапе организуются испытания опытных образцов (в том числе модельные) и уточняется маркетинговая стратегия. Образец, который плохо показывает себя на испытаниях и в процессе сертификации, необходимо доработать для выполнения требований. Иногда приходится вообще отказаться от неудачного изделия на стадии летных испытаний (один из недавних примеров в авиации – неудача самолета Fairchild Dornier 728-100).

Седьмой, заключительный этап предполагает собственно коммерциализацию, начало получения доходов. Продукт передан в серийное производство и поддерживается системой послепродажного обслуживания. На данном этапе уровни инвестиций и рисков являются самыми высокими.

Семь перечисленных этапов и составляют весь процесс создания высокотехнологичного продукта. Однако не менее важно то, что происходит вокруг, до и после разработки новых продуктов. Организационная структура, руководство, и создание команды проекта влияют на скорость и эффективность, с которой создаются новые продукты. Разработка нового продукта требует структуры, которая оптимизирует управление и руководство, облегчает внутренний обмен информацией, принятие решений и

потоки поставок. Рынки авиатехники требуют от нового продукта удовлетворения уровню качества при запланированных расходах и – что немало важно – в заданные сроки. Координация инжиниринга, производства, обеспечения качества, маркетинговых функций в процессе разработки нового продукта является жизненно важной. В процессе разработки для контроля продвижения работ широко применяется *система «ворота»* («gates» или гейтов, см. главу 7.2.3).

Как уже говорилось, на предприятии за каждый вид процессов отвечают определенные исполнители. Перечислим основные процессы.

- Маркетинг (ведет менеджер по продукту).

Этот процесс включает в себя оценки емкости рынка и объемов продажи, требований к продукту, поведения конкурентов, определение сроков выхода на рынок, вариантов продукта (опции). В рамках этого же процесса определяют сервисные концепции и целевую себестоимость, параметры послепродажного обслуживания, информационно-логистической поддержки, эксплуатационную документацию, гарантийное обслуживание.

- Создание облика продукта (ведут разработчики проекта и производственники).

В рамках данного процесса формируются и контролируются техническое описание продукта (его вариантов), планируемые НИОКР, требования к производству, включая необходимые инвестиции, планы по разработке, сертификации и качеству, ограничения по себестоимости для проектировщиков.

- Производство (ведут производственные или операционные менеджеры).

В рамках данного процесса формируются и контролируются план освоения производства продукта с учетом требований к расширению производства в будущем, технические производственные расходы (включая материалы) на основании цен, полученных от менеджеров по снабжению.

- Планирование управления поставками (ведут менеджеры по закупкам с менеджерами по снабжению).

Включает в себя разработку спецификаций покупных комплектующих изделий (ПКИ), стратегию и план закупки компонентов с учетом технического описания, план управления и работы с поставщиками (какие, когда и что должны поставить).

- Бизнес-планирование (ведут финансовые менеджеры совместно с отделом продаж).

В рамках данного процесса формируется финансовая структура программы, методы и рекомендации по планированию производства, модель целевых затрат, позволяющая объединить все расходы и инвестиции в едином бизнес-плане для сопровождения и поддержания жизненного цикла продукта.

Компоненты и используемый инструментарий управления промышленным предприятием при создании продукта включают набор основных методов и инструментов, используемых на разных этапах *управления жизненным циклом* (УЖЦ), рассмотрению и интеграции которых, собственно, и посвящена эта книга. На рис. 0.2 схематично показан один из вариантов набора основных компетенций, необходимых для современного предприятия, создающего высокотехнологичную продукцию:

1. Предметная инженерия (в нашем случае авиастроение или авиадвигателестроение).

2. Системная инженерия (технология работы с изделием п. 1 - декомпозиция сложной технической системы или продукта, управление требованиями, исполнение, верификация, валидация, регламенты и процессы), см. раздел 0.2.

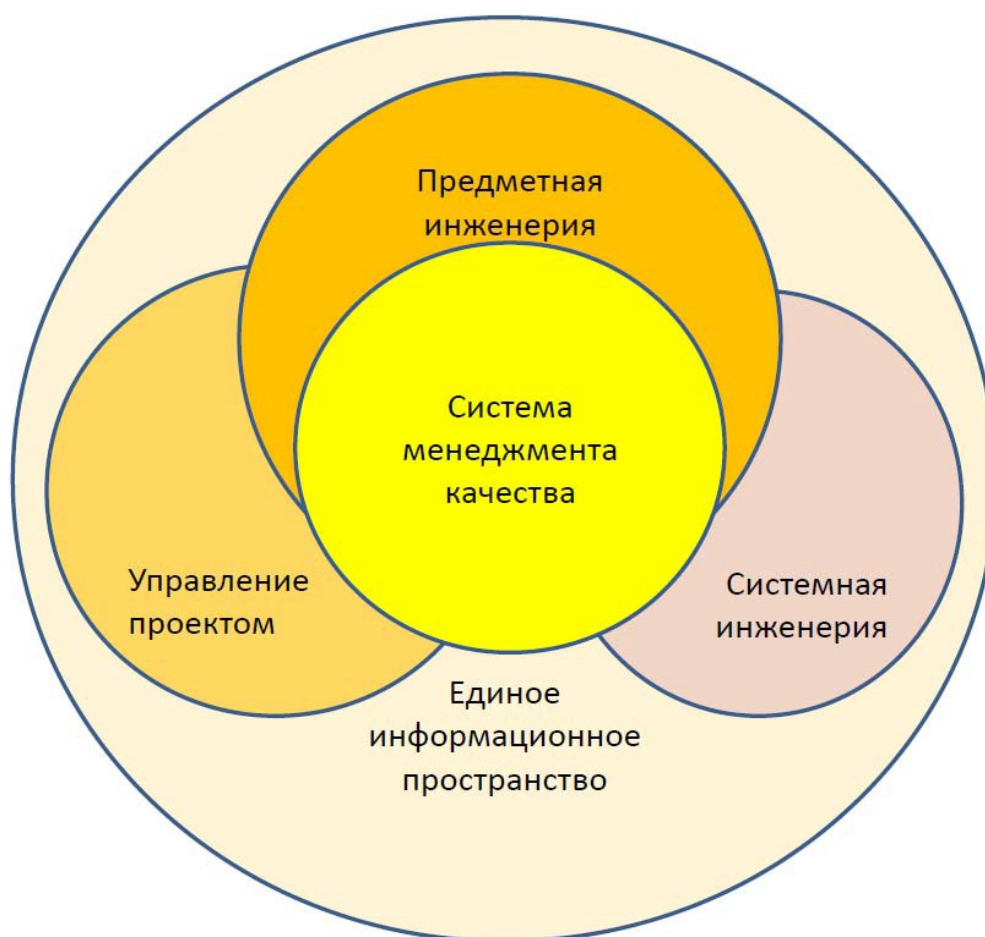


Рис.0.2. Основные компоненты системы создания сложных наукоемких изделий

3. Управление качеством на всех этапах ЖЦ, содержащее в т.ч. набор требований качества к инструментам, применяемым в пп.1,2,3.

4. Управление проектом в целом (международный стандарт ANSI PMI PMBoK или другие аналогичные стандарты).

5. Охватывающая вышеперечисленные компоненты *Единая информационная платформа* (ЕИП), когда организованы поддержка и обмена-центрической информацией на всех этапах УЖЦ между всеми участниками программы работ, включая сеть поставщиков, в соответствии со стандартом ISO 15926.

Разработка новых продуктов сопряжена с риском переоценки технологических достижений. Технологии изменяются и создают новые возможности, появляются новые требования. Компании ищут способы минимизации рисков, преодоления неопределенности в процессе принятия решений. Ключ к успеху – способность поддерживать конкурентные преимущества путем повышения скорости, эффективности и качества разработки продукта. Необходимо развитие не только научно-технического, но и организационно-управленческого потенциала во всех аспектах создания и реализации новых продуктов. Система и принятые процедуры управления – это не менее ценный капитал наукоемкой фирмы, чем талант ее инженеров, патенты и технологические «ноу-хау».

1.2. Современное построение реализации крупномасштабных наукоемких проектов в промышленности

Сегодня в западных фирмах для сложных комплексных проектов активно внедряется методология «Системной инженерии» (Systems engineering, неточный русский перевод – «Системотехника»). Эта профессия в 2009 г. признана в США самой популярной у работодателей. В семидесятые годы XX века дисциплина широко преподавалась в СССР, сегодня она осталась только в трех вузах РФ. В те годы, например, академик Н.Н. Моисеев читал в МФТИ курс "Математические задачи системного анализа" (издан в виде книги), значительная часть которого была посвящена развитию систем автоматизированного проектирования в авиастроении.

Приведем цитату из Википедии:

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%F0%E4%ED%FB%E9%F1%EE%E2%E5%F2_%EF%EE_%F1%E8%F1%F2%E5%EC%ED%EE%E9_%E8%ED%E6%E5%ED%E5%F0%E8%E8

«Системная инженерия – междисциплинарная область инженерии, посвященная тому, как должны быть спроектированы и управляются сложные инженерные проекты. Такие вопросы, как управление требованиями для системы, логистика, координация деятельности различных групп, и системы автоматического управления изделиями становятся все труднее, когда речь идет о больших и сложных проектах.

...

Методы системной инженерии используются в сложных комплексных проектах: создание космических кораблей, дизайн компьютерных чипов, объектов робототехники, интеграция программного обеспечения, строительство мостов и самолетов, нефтяных платформ и атомных

электростанций. Системная инженерия использует целый ряд инструментов, включая моделирование и виртуальные объекты, анализ требований и планирование для управления сложными системами.

Необходимость выявлять и управлять свойствами системы в целом, которые в сложных инженерных проектах могут сильно отличаться от суммы свойств частей, побудила Министерство обороны, NASA и другие ведомства применять эту дисциплину. В 1990 году представителями ряда американских корпораций и организаций было основано профессиональное сообщество системных инженеров для удовлетворения потребностей по совершенствованию системы инженерного опыта и образования. В 1995 году название организации было изменено на Международный совет по системной инженерии (INCOSE). Высшие школы в ряде стран предлагают программы обучения в области инженерных систем, также доступны опции второго образования для практикующих инженеров».

В 2009 году начало функционировать Российское отделение INCOSE (фактически по РФ и СНГ). В 2010 г. в Москве проведена первая международная конференция по Системной инженерии RuSec2010 (<http://incose.ru>).

В мировой практике при создании крупных проектов в аэрокосмической, нефтяной и газовой отраслях к настоящему моменту на базе системной инженерии внедрены современные системы проектирования, изготовления, эксплуатации, технического обслуживания и ремонта (послепродажного обслуживания, ППО) – т.е. системы управления жизненным циклом сложных объектов, основанные на современных информационных системах и стандартах, вобравших наилучшие методы по реализации масштабных проектов. Передовой опыт западных стран сконцентрирован в международных стандартах системной инженерии ISO 15288 и управления данными: ISO 10303 и ISO 15926.

Не настаивая на исключительности такого подхода, заметим, что растущий интерес к методологии системной инженерии оправдан существенными просчетами системы универсального менеджмента, где явно не хватает специализированного подхода к задачам инженерной практики наукоемкой промышленности.

Стихийно в истории человечества эффективные инженерные решения используются не одно столетие. Для иллюстрации обратимся к фактам российской истории инженерного дела.

- В 1908 года академик А.Крылов назначается председателем Морского технического комитета, в компетенцию которого входила «разработка типов судов, подлежащих постройке, общее проектирование, утверждение окончательных проектов, исполняемых заводами, и наблюдение за постройкой судов». В 1912 году его пригласили войти в состав правления Русского общества пароходства и торговли, «чтобы ведать предстоящими постройками судов, наблюдать за деятельностью верфи Общества по ремонту судов и, установив надлежащий порядок, устранить непрерывно

возникающие недоразумения между частями навигационною, механическою и ремонтною» (сегодня это бы назвали *параллельным инжинирингом*, см. гл. 3).

- Из биографии замечательного российского инженера В.Г. Шухова в Википедии: *«В 1880 году А.В. Бари основал в Москве свою строительную контору и котлостроительный завод, пригласив В.Г. Шухова на должность главного конструктора и главного инженера. Так начался плодотворный союз блестящего менеджера и фантастически талантливого инженера. Он продолжался 35 лет и принес России огромную пользу.*

По системе Шухова были созданы паровые котлы, нефтеперегонные установки, разработаны различные насосы для подъема нефти из скважин, изобретён газлифт, выполнено проектирование и строительство нефтеналивных судов и установок для дробной перегонки нефти, трубопроводы, форсунки, резервуары для хранения нефти, керосина, бензина, спирта, кислот и пр., насосы, газгольдеры, водонапорные башни, нефтеналивные баржи, доменные печи, металлические перекрытия цехов и общественных сооружений, хлебные элеваторы, железнодорожные мосты, воздушно-канатные дороги, маяки, трамвайные парки, заводы-холодильники, дебаркадеры, мины и т.д. Под его руководством спроектировано и построено 417 мостов (через Оку, Волгу, Енисей и др.).».

В.Шухов стал автором и главным инженером проектов первых российских магистральных нефтепроводов: Баку-Батуми (883 км, 1907 г.) и позднее Грозный-Туапсе (618 км, 1928 г.). Чтобы справиться с таким объемом работ, организовать срочное проектирование и экономичное строительство, Шухов выбирает путь стандартизации. Например, в разработке конструкций перекрытий он преследовал цель найти типовые элементы конструкций, которые можно было бы изготовить и смонтировать с минимальными затратами материала, труда и времени.

Титанический объем выполненных В.Г. Шуховым работ удивляет и сегодня.

- Атомные электростанции по сложности занимают одно из первых мест среди инженерных объектов. Обобщение опыта атомного строительства, поточное возведение пяти блоков Запорожской АЭС, привело к созданию в СССР в 1986 г. документа, который сегодня повторяют (на новом уровне технологий) ведущие зарубежные компании. Он назывался «Обязательные технологические правила строительства атомных электростанций с реакторами ВВЭР-1000, ОТП-86», и содержал 8 томов, посвященных всем аспектам процесса сооружения за рекордно короткое время.

- Уместно напомнить, что многие патенты на основополагающие решения, используемые в большинстве современных высоконагруженных авиадвигателей, принадлежат советским изобретателям и конструкторам. Известны формула расчета тяги реактивного двигателя академика Б.С.Стечкина, решение В.И.Базарова о разделении потоков воздуха в

камере сгорания для снижения температуры газов перед турбиной, конструкция охлаждаемой лопатки турбины академика С.К. Туманского с поперечным течением охлаждающего воздуха, патент на схему двухконтурного двигателя академика А.М. Люльки и др.

- Можно вспомнить также великолепное отечественное конструкторское решение, реализованное для двигателя Р15Ф-300, который при простой и надежной схеме был оптимизирован для больших сверхзвуковых скоростей полета. С этой силовой установкой перехватчик МиГ-25 успешно боролся с разведывательными самолетами противника, имея запас тяги для маневрирования на высоких скоростях в отличие от сформированного под крейсерский сверхзвуковой полет американского SR-71 (очень сложного в обслуживании). Советский двигатель после инцидента с угоном самолета в 1973 г в Японию получил очень высокую оценку потенциальных противников.

Из вышесказанного можно видеть, что в прошлом ряд высококлассных инженеров, в том числе отечественных, ставил и решал сложнейшие проектные задачи с удивительной даже сегодня эффективностью и качеством, задолго до появления термина «системная инженерия». Задачей современной методологии является перевод генерации инновационных решений из разряда «доступных только гениям» в стандартные рабочие инструменты, доступные квалифицированным инженерам.

ГЛАВА 1. ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ АВИАТЕХНИКИ И ОСНОВЫ ЭКОНОМИКИ АВИАСТРОЕНИЯ

1.1. Жизненный цикл авиатехники

1.1.1. Основные этапы и временная структура жизненного цикла авиатехники

Жизненный цикл (ЖЦ) авиационной техники включает в себя следующие основные этапы:

- фундаментальные и поисковые исследования,
- маркетинг и внешнее проектирование,
- рабочее проектирование,
- изготовление опытных образцов, испытания и доводку,
- технологическую подготовку производства (ТПП),
- серийное производство,
- эксплуатацию и послепродажное обслуживание,
- утилизацию.

Эти этапы могут частично перекрываться. Также ЖЦ одного поколения изделий может переходить в ЖЦ следующего поколения, и т.д. Схематично структура ЖЦ авиатехники представлена на рис. 1.1.

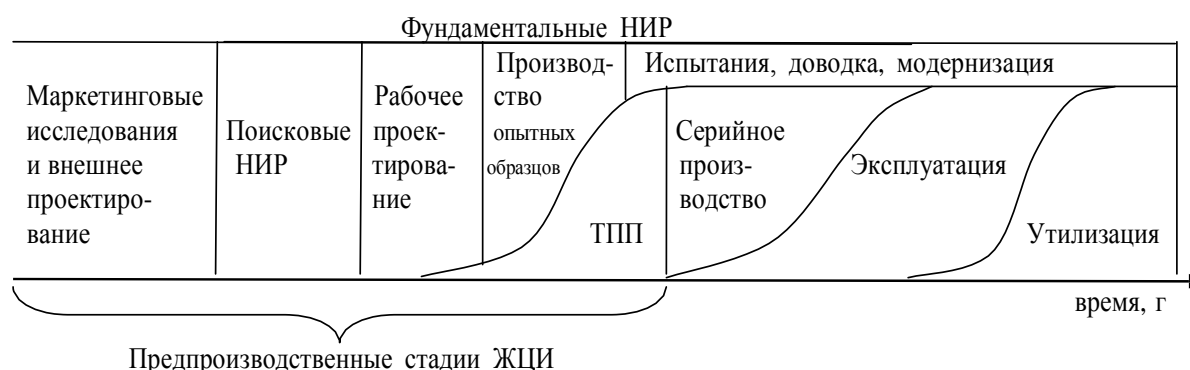


Рис. 1.1. Жизненный цикл авиатехники

Разумеется, на этом рисунке не отражено реальное соотношение длительности отдельных этапов. ЖЦ авиатехники характеризуется большой протяженностью отдельных этапов. Например, создание самолета или авиадвигателя (т.е., предпроизводственные стадии ЖЦ) длится до 5..10 лет, а иногда и более. Но наиболее протяженными являются последующие стадии жизненного цикла изделий (ЖЦИ) – серийное производство и эксплуатация. Так, серийное производство первого широкофюзеляжного пассажирского самолета – Боинг-747 – продолжается с 1970 г. по настоящее время, а полный вывод из эксплуатации основного стратегического бомбардировщика ВВС США – В-52 – намечен лишь на 2040-е гг., притом, что последний экземпляр наиболее современной модификации В-52Н был

построен в 1962 г. Т.е., эксплуатация отдельных экземпляров длится уже более 40 лет¹, и планируется продолжать ее почти до 80 лет! Можно привести не менее впечатляющие примеры и из отечественной практики. Если рассматривать жизненный цикл не отдельных экземпляров, а типа летательных аппаратов, рекордсменом среди отечественных самолетов можно считать Ан-2, совершивший первый полет в 1947 г. Таким образом, его массовая коммерческая эксплуатация длится уже свыше 60 лет. Некоторые модификации американского транспортного и пассажирского самолета DC-3, принимавшего участие еще во Второй мировой войне, до сих пор находятся в эксплуатации.

1.1.2. Особенности структуры стоимости жизненного цикла

Помимо временных характеристик ЖЦ авиатехники, представляют интерес и его стоимостные характеристики, прежде всего, *стоимость жизненного цикла* (СЖЦ). В СЖЦ включаются затраты, т.е., себестоимости продукции всех участников ЖЦИ. Также в нее входят прибыли разработчиков, производителей авиатехники и исполнителей ТОиР, поскольку они включены в цены соответствующих товаров, работ и услуг, которые придется уплачивать эксплуатирующим организациям. В общем случае СЖЦ может быть представлена в следующем виде:

$$СЖЦ = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}} + П + C_{\text{экспл}} + C_{\text{утил}},$$

где $C_{\text{НИОКР}}$ – затраты на НИОКР (включая и стоимость фундаментальных и поисковых НИР, результаты которых необходимы для создания новых поколений авиатехники);

$C_{\text{ТПП}}$ – затраты на технологическую подготовку серийного производства изделий (ТПП), включая строительство производственных мощностей, приобретение оборудования, и т.п.;

$C_{\text{произв}}$ – затраты на серийное производство изделий данного типа за весь ЖЦИ;

П – прибыль разработчиков и производителей²;

$C_{\text{экспл}}, C_{\text{утил}}$ – затраты на эксплуатацию и последующую утилизацию всех выпущенных изделий данного типа.

¹ Разумеется, за указанный период самолеты Боинг-747 и В-52 неоднократно подвергались модернизации и модификации, подробнее см.

Ильин В.Е., Левин М.А. Бомбардировщики. В 2 т. / М.: Виктория АСТ, 1996.

Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Самолет Боинг – 747 / М.: АВИКО ПРЕСС, 1994 – 96с.

² Здесь учитывается суммарная прибыль разработчиков и производителей. Как правило, за рубежом разработчики и производители авиатехники интегрированы в одну компанию. В СССР серийные заводы и ОКБ традиционно были разделены. Однако в настоящее время их интеграция во многих подотраслях отечественного авиастроения практически завершается.

Кто несет затраты на различных стадиях ЖЦИ? Очевидно, что затраты на НИОКР несет разработчик изделия, затраты на ТПП и серийное производство – производитель (в иностранной практике авиастроения это тот же разработчик), а эксплуатационные затраты – эксплуатирующая организация (авиакомпания, или ВВС – для изделий военного назначения). Что касается утилизации, она может относиться к сфере ответственности эксплуатирующей организации, или производителя. Но утилизацией авиатехники могут заниматься и независимые предприятия, относящиеся к иным отраслям – прежде всего, цветной металлургии и энергетическому машиностроению. Как правило, утилизация авиатехники, при рациональной организации бизнеса, не столько требует затрат, сколько приносит доходы. Это вызвано следующими отраслевыми особенностями продукции авиапромышленности:

1) в конструкции воздушных судов и авиадвигателей содержится большое количество дорогостоящих цветных металлов и других материалов, допускающих повторное использование;

2) некоторые элементы летательных аппаратов, выработавшие свой летный ресурс, после соответствующей доработки еще могут эффективно использоваться в неавиационной сфере - прежде всего, авиадвигатели, которые могут применяться в наземных энергетических установках¹.

Важно заметить, что эксплуатирующая организация не только возмещает все затраты разработчикам и производителям, покупая у них изделие, но и приносит им прибыль. Таким образом, в рыночной экономике именно эксплуатирующие организации, которые получают доходы от использования авиатехники, в конечном счете, несут все затраты на ЖЦИ. В связи с этим, применительно к авиатехнике гражданского назначения, известен следующий тезис:

“Первоисточником всех средств на разработку, производство и эксплуатацию авиатехники гражданского назначения является, в конечном счете, бюджет авиапассажиров”.

Это положение является краеугольным камнем современной экономики гражданского авиастроения, так как доходы авиастроительных компаний формируются в конкурентной рыночной среде.

Значительный интерес представляет структура СЖЦ, т.е., распределение затрат по этапам ЖЦИ. Она сугубо индивидуальна для каждой отрасли. Например, структура СЖЦ продукции ракетно-космической промышленности радикально отличается от структуры СЖЦ авиатехники. Для продукции авиапромышленности характерно следующее соотношение: большая часть СЖЦ приходится на этап эксплуатации. В качестве примера рассмотрим стоимостные параметры ЖЦИ среднемагистрального пассажирского само-

¹ Разумеется, непосредственное применение утилизируемых авиационных двигателей в энергетике, на трубопроводном транспорте и т.п. затруднено – соответствующие газотурбинные установки, даже если они унифицированы с авиадвигателями, обладают значительными отличиями от последних в силу специфики режимов эксплуатации.

лета А-320 компании Airbus Industry. Установленный ресурс $T_{\text{рес}}$ этого типа самолетов составляет 60000 летных часов, среднечасовой расход топлива на крейсерском режиме¹ $g_{\text{мон}} = 2,7 \text{ т}_2$, а средняя трудоемкость ТОиР $t_{\text{ТОиР}}$ – около 2 человеко-часов на летный час. Примем цену авиатоплива $p_{\text{ГСМ}}$ равной 600 долл. за тонну, а стоимость ТОиР $c_{\text{ТОиР}} = 100$ долл. за человеко-час. Таким образом, только на топливо и ТОиР за весь период эксплуатации одного самолета будет израсходовано свыше 109 млн. долл.:

$$\frac{C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ТОиР}}}{Q} = T_{\text{рес}} \cdot \left[p_{\text{ГСМ}} \cdot g_{\text{мон}} + c_{\text{ТОиР}} \cdot t_{\text{ТОиР}} \right] =$$

$$= 60000 \text{ л.ч.} \cdot \left[\frac{600 \text{ долл.}}{\text{т}} \cdot \frac{2,7 \text{ т}}{\text{л.ч.}} + 100 \frac{\text{долл.}}{\text{чел.-ч.}} \cdot \frac{2 \text{ чел.-ч.}}{\text{л.ч.}} \right] = 109,2 \text{ млн. долл.},$$

а суммарные затраты на этапе эксплуатации, разумеется, будут еще выше:

$$\frac{C_{\text{эспл}}}{Q} > \frac{C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ТОиР}}}{Q}.$$

Возникает вопрос: как оценить стоимость предшествующих этапов ЖЦИ? Естественно, подробные сведения о затратах на разработку и серийное производство авиатехники могут не публиковаться авиастроительными компаниями в открытых источниках. Тем не менее, можно весьма достоверно оценить стоимость этих этапов ЖЦИ сверху, чтобы убедиться в том, что она существенно меньше стоимости этапа эксплуатации. Как уже было подчеркнуто выше, в рыночной экономике все затраты на ЖЦИ, в конечном счете, несут эксплуатирующие организации – авиакомпании или ВВС. Поэтому стоимости предпроизводственных стадий ЖЦИ и серийного производства (в расчете на одно изделие) входят, вместе с прибылью разработчиков и производителей Π , в цену изделия p , уплачиваемую покупателем:

$$p \cdot Q = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}} + \Pi,$$

$$\Rightarrow p \cdot Q > C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}.$$

Отпускная цена, в отличие от затрат, является величиной наблюдаемой. В настоящее время отпускная цена вышеупомянутого самолета А-320 составляет, в зависимости от модификации, от 50 до 54 млн. долл. Следовательно,

¹ Фактические затраты на ГСМ будут больше затрат, вычисленных на основе данной величины, т.к., расход топлива во время взлета и набора высоты существенно – в несколько раз – выше, чем на крейсерском режиме.

² По данным производителя (www.airbus.com), а также источника Самойлов В.И. Разработка системы оценки конкурентоспособности пассажирских самолетов на стадии создания // автореферат дисс. канд. экон. наук, 08.00.05., М.: МАИ, 2006 – 24с.

$$\frac{C_{\text{экспл}}}{Q} > \frac{C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ТОиР}}}{Q} = 109 \text{ млн. долл.},$$

$$\frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}}{Q} < p = 54 \text{ млн. долл.},$$

$$\Rightarrow \frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}}{C_{\text{экспл}}} < \frac{p \cdot Q}{C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ТОиР}}}$$

и на этап эксплуатации самолета А-320 приходится более чем вдвое больше затрат, чем на все предшествующие стадии ЖЦИ.

Доля затрат на этапе эксплуатации в суммарной СЖЦ авиадвигателей, как правило, выше, чем аналогичная доля в СЖЦ воздушных судов в целом¹. Это объясняется следующим образом. С одной стороны, подавляющая часть затрат на эксплуатацию авиатехники приходится на долю силовой установки. Свыше 50 % затрат на ТОиР авиатехники связано с авиадвигателями². Также на счет силовой установки относятся все затраты на авиатопливо (поскольку потребляют его, в конечном счете, именно авиадвигатели). С другой стороны, цена авиадвигателей, даже с учетом их неоднократной замены на воздушном судне, все же меньше общей стоимости пассажирского самолета. В итоге, упомянутое выше отношение

$\frac{p \cdot Q}{C_{\text{ГСМ}} + C_{\text{ТОиР}}}$, которое ограничивает сверху отношение $\frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}}{C_{\text{экспл}}}$, для авиадвигателей меньше, чем для воздушного

судна в целом.

В качестве примера рассмотрим структуру ЖЦИ следующих авиадвигателей гражданского назначения:

- ПС-90А (разработан Пермским КБ “Авиадвигатель”, выпускается Пермским моторным заводом³);
- RB211-535E4 (разработан и выпускается компанией Rolls – Royce, Великобритания⁴).

Оба авиадвигателя предназначены для комплектации среднемагистральных и дальнемагистральных гражданских воздушных судов. Необходи-

¹ См. *Sininger W.B.* Engine life cycle cost // AIAA Paper, 76-754.

² См., например,

Ждановский А.В. Стоимость жизненного цикла двигателей и себестоимость авиапериовозок // Международная научно-техническая конференция “Авиадвигатели XXI века”. Сборник тезисов. М.: ЦИАМ, 2005;

Костромина Е.В. Экономика авиакомпании в условиях рынка / М.: НОУ ВКШ “Авиабизнес”, 2002 – 304с.

³ См. www.avid.ru

⁴ См. www.rolls-royce.com

димые для расчетных оценок данные, опубликованные компаниями-производителями, приведены в табл. 1.1. Цена авиатоплива $p_{ГСМ}$ принята равной 600 долл. за тонну. Средняя стоимость капитального ремонта $p_{рем}$ принята равной 0,25 стоимости нового авиадвигателя.

Таблица 1.1

Основные технико-экономические показатели авиадвигателей гражданского назначения ПС-90А и RB211-535Е4.

Показатель	ПС-90А	RB211-535Е4
Цена p , млн. долл.	3,2	6
Отношение потребного числа запасных авиадвигателей к числу штатных ¹ $K_{зап}$	0,14	0,05
Назначенный ресурс $T_{рес}$, л.ч.	30 000	45 000
Средняя межремонтная наработка $T_{рем}$, л.ч.	7 000	10 000
Стоимость текущего ТО $c_{ТО}$, долл./л.ч.	7	5
$g_{тон}$, кг/л.ч. (при установке на Ту-204)	1 827	1 787

Таким образом, цена авиадвигателя с учетом запасных изделий $p \cdot (1 + K_{зап})$ составит:

- для ПС-90А – 3,6 млн. долл.;
- для RB211-535Е4 – 6,3 млн. долл.

Затраты на ТОиР за весь период эксплуатации авиадвигателя, определяемые, в расчете на одно изделие, по формуле $\frac{C_{ТОиР}}{Q} = T_{рес} \cdot \left[c_{ТО} + \frac{p_{рем}}{T_{рем}} \right]$,

составят:

- для ПС-90А – 3,6 млн. долл.;
- для RB211-535Е4 – 7 млн. долл.

Затраты на авиатопливо за весь период эксплуатации авиадвигателя, определяемые, в расчете на одно изделие, по формуле $\frac{C_{ГСМ}}{Q} = T_{рес} \cdot p \cdot g_{тон}$, составят:

- для ПС-90А – 33 млн. долл.;
- для RB211-535Е4 – 47 млн. долл.

¹ Здесь имеются в виду резервные авиадвигатели, которые устанавливаются на воздушные суда во избежание их простоя в период, когда штатные авиадвигатели сняты для капитального ремонта. Подробнее о методах определения величины $K_{зап}$, а также об индивидуальных факторах, определяющих оптимальное число запасных авиадвигателей для поддержания бесперебойной эксплуатации конкретного парка авиатехники, см. Клочков В.В. Стратегии обеспечения готовности парка авиадвигателей с использованием краткосрочного лизинга // Организатор производства, № 2, 2004, с. 37-42..

Значение для зарубежного изделия выше, поскольку в том числе выше его ресурс. Но здесь не ставится задача сравнения экономической эффективности авиадвигателей (тогда было бы необходимо привести все затраты к летному часу) – рассматривается именно структура СЖЦ.

Таким образом, цена авиадвигателей, включающая в себя стоимости разработки, ТПП и серийного производства, даже с учетом выпуска запасных изделий, в 8,5..10 раз меньше стоимости авиатоплива и ТОиР за весь период эксплуатации. Наглядно структура СЖЦ рассмотренных типов авиадвигателей изображена на долевых диаграммах на рис. 1.2.

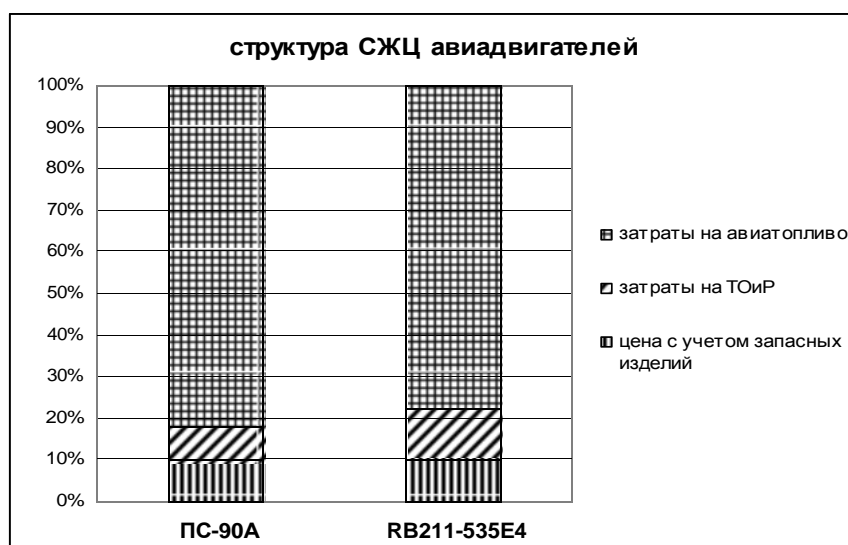


Рис. 1.2. Структура СЖЦ авиадвигателей гражданского назначения PC-90A и RB211-535E4

Следовательно, затраты на этапе эксплуатации для рассмотренных типов гражданских авиадвигателей составляют при весьма высокой цене авиатоплива (порядка 600 долл. за тонну) около 90 % СЖЦ. И даже при вдвое меньшем значении цены авиатоплива – 300 долл. за тонну – доля затрат на этапе эксплуатации составила бы для указанных типов изделий не менее 80 % СЖЦ. Можно заметить, что даже стоимость ТОиР за весь период эксплуатации авиадвигателя по порядку величины равна или превышает цену нового изделия.

Однако для авиатехники военного назначения структура СЖЦ может быть иной. На рис. 1.3 приведена структура СЖЦ авиадвигателя военного назначения F-119-PW-100¹ (устанавливается на истребители 5-го поколения семейства F-22 “Raptor”), разработанного и выпускаемого компанией Pratt & Whitney (США).

¹ См. Lord W.K., MacMartin D.G., Tillman T.G. Flow Control Opportunities in Gas Turbine Engines // AIAA 2000-2234.

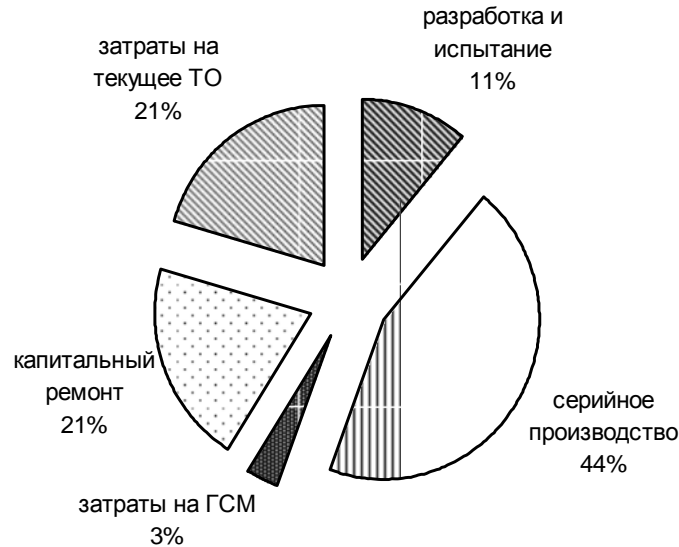


Рис. 1.3. Структура СЖЦ авиадвигателя военного назначения F-119-PW-100

Как видно из представленной диаграммы, на этап эксплуатации приходится лишь 4 5% СЖЦ, т.е., менее половины. Чем это объясняется, и не противоречит ли этот пример тезису о преобладании в СЖЦ авиатехники затрат на этапе эксплуатации? Во-первых, для приведенного в качестве примера авиадвигателя характерен относительно малый объем выпуска, поскольку программа производства истребителя F-22 “Raptor” неоднократно пересматривалась в Конгрессе США в сторону сокращения¹. Поэтому доля постоянных затрат – на исследования и разработку изделия, на подготовку его производства – занимают большую долю в СЖЦ, чем для массовых продуктов. Во-вторых, столь малая доля затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ) в структуре СЖЦ – 3 % – характерна именно для авиатехники военного назначения, в силу сравнительно небольших величин годового налета (порядка нескольких сотен летных часов). Для гражданской авиатехники, налет которой в ведущих авиакомпаниях мира достигает 3 000..5 000 и более летных часов в год, доля топливных затрат, а также затрат на ТОиР, гораздо выше. Как следствие, выше и доля затрат на этапе эксплуатации в общей сумме СЖЦ.

1.2. Экономические особенности наукоемкой и высокотехнологичной промышленности

1.2.1. Модели затрат и прибыли авиастроительного предприятия

Разработка и производство авиатехники обладают, с экономической точки зрения, существенной отраслевой спецификой, которая проявляется, прежде всего, в особенностях затрат, или издержек: в их структуре (т.е. соотношении различных статей затрат), поведении в зависимости от выпуска

¹ См. Володин В. Боевая авиация: плановое хозяйство в западной экономике // газета “Независимое военное обозрение”, 31.10.2005.

продукции, а также в их распределении по стадиям жизненного цикла изделий (ЖЦИ). Эти особенности во многом определяют рыночное поведение предприятий и отраслей, риски их развития, и т.п. Авиационную промышленность принято относить к *наукоемким* отраслям, поскольку при создании авиатехники относительно высока доля затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР), в т.ч., и на фундаментальные научно-исследовательские работы (НИР).

В зависимости от выпуска продукции, все издержки принято делить на постоянные и переменные. Затраты на НИОКР и технологическую подготовку производства (ТПП) практически не зависят от объема выпуска, т.е. относятся к постоянным затратам разработчиков и производителей авиатехники:

$$FC = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}}, \quad (1.1)$$

где $C_{\text{НИОКР}}$ – затраты на НИОКР;

$C_{\text{ТПП}}$ – затраты на ТПП;

FC – постоянные затраты ($FC = \text{Fixed Cost}$).

То, что затраты на НИОКР практически не зависят от объемов выпуска, очевидно. Но правомерно ли считать постоянными затраты на ТПП? Они включают в себя затраты на разработку технологий производства изделий, а также затраты на создание производственных мощностей, которые могут зависеть от планируемого объема выпуска, поскольку чем больше планируется выпускать изделий, тем больше потребные производственные мощности. Тем не менее, количество закупаемого оборудования, объем производственных зданий и т.п. определяются именно мощностью, т.е., потенциально возможным, а не фактическим выпуском. Кроме того, следует учитывать дискретный характер затрат на создание производственных мощностей: единица оборудования мощностью V позволяет выпускать от 0 до V изделий за единицу времени. Поэтому, например, если мощность определенного вида оборудования составляет 100 изделий в год, то затраты на приобретение оборудования не будут зависеть от выпуска, если он будет лежать в пределах от 101 до 200 изделий в год, поскольку при этом, в любом случае, потребуются приобретение и содержание двух единиц оборудования, и т.п.

Постоянные затраты вносят вклад в среднюю себестоимость одного изделия, называемый *средними постоянными затратами* AFC ($AFC = \text{Average Fixed Cost}$). Они сокращаются обратно пропорционально суммарному объему выпуска за весь ЖЦИ Q :

$$AFC(Q) = \frac{FC}{Q} = \frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}}}{Q}, \quad (1.2)$$

Абсолютные значения постоянных затрат на реализацию авиастроительных проектов весьма велики, на уровне нескольких миллиардов

долларов (однако, при этом содержание программ может различаться по компонентам: НИОКР, затраты на перевооружение производства, специальные требования к продукции, переобучение персонала и др.). Например, известно, что затраты на НИОКР и ТПП по программе создания широкофюзеляжного самолета сверхбольшой вместимости А-380 составили свыше 12 млрд. евро¹. В то же время, характерные значения выпуска гражданской авиатехники составляют для наиболее успешных проектов лишь несколько тысяч изделий за весь ЖЦИ². Программы выпуска наиболее массовых узкофюзеляжных среднемагистральных самолетов – Boeing-737 американской компании Boeing и А-320 западноевропейского концерна Airbus Industry – преодолели отметку в 5 000 экземпляров; характерные выпуски изделий более тяжелых классов, как правило, ниже (например, широкофюзеляжных самолетов семейства Boeing-747 выпущено более 1 000). Поэтому доля средних постоянных затрат в себестоимости авиатехники весьма высока, а средняя себестоимость изделий существенно зависит от объема их выпуска. В случае самолета А-380, описанном выше, средние постоянные затраты составят, по меньшей мере:

- при суммарном выпуске 300 самолетов – 40 млн. евро на один экземпляр;
- при суммарном выпуске 600 самолетов – 20 млн. евро на один экземпляр, и т.д.

Такой уровень средних постоянных затрат является существенным даже на фоне цены самолета А-380, которая составляет около 300 млн. евро³.

Стоимость серийного производства авиатехники $C_{\text{произв}}$ включает в себя, прежде всего, материальные затраты (на закупку сырья, комплектующих изделий и производственных услуг) и затраты на оплату труда:

$$C_{\text{произв}} = C_{\text{мат}} + C_{\text{тр}}.$$

Здесь учитываются лишь т.н. *прямые затраты* производства, включающие в себя затраты на оплату труда и материальные затраты. Что касается затрат на создание основных фондов, они в данной модели уже учтены на стадии ТПП, хотя затраты на поддержание мощностей, на *техническое обслуживание и ремонт* (ТОиР) оборудования, зданий и сооружений, также относящиеся к постоянным затратам, приходится нести на протяжении всего этапа серийного производства изделий.

¹ См. *Синицкий А.* Новые флагманы // Авиатранспортное обозрение, № 60, 2005.

² Для региональных и магистральных воздушных судов. Более легкие летательные аппараты – например, авиации общего назначения – могут выпускаться в объеме нескольких десятков тысяч экземпляров.

³ См. сайт производителя (www.airbus.com) и статью *Хвостик Е.* Airbus пошел на снижение // газета “Коммерсант”, 11.07.2006.

Себестоимость серийного производства авиатехники уже относится, преимущественно, к переменным затратам VC ($VC = \text{Variable Cost}$, переменные затраты), т.е., зависит от объема выпуска:

$$VC(Q) = C_{\text{произв}}, \frac{\partial VC}{\partial Q} > 0.$$

Эта зависимость в авиационной промышленности является весьма специфической. Удельные (в расчете на одно изделие) затраты существенно сокращаются с ростом накопленного выпуска изделий данного типа. Это вызвано следующей особенностью отраслевых технологий, отличающей авиастроение (и некоторые другие отрасли наукоемкого машиностроения) даже от большинства высокотехнологичных отраслей промышленности. Вопреки распространенному стереотипу, даже в самых передовых зарубежных странах самолетостроительное производство (в особенности сборка самолетов) автоматизировано лишь в малой степени и требует больших объемов высококвалифицированного ручного труда. Себестоимость первых серийных экземпляров обычно очень высока, поскольку производственным рабочим необходимо освоить новые технологии, приемы, и т.п. При этом велика доля некачественной продукции, ее доработки также влияют на стоимость. Но с каждым выпущенным экземпляром изделия накапливается опыт, повышается качество, что приводит к значимому сокращению удельных затрат. В этом состоит суть *эффекта обучения*, характерного для авиастроительных и некоторых других высокотехнологичных производств (т.е. требующих высокой квалификации работников)¹. Зависимость себестоимости одного экземпляра от накопленного выпуска называется *кривой обучения*. Прежде всего, обучение позволяет сократить удельные трудозатраты. Накопление опыта производства авиатехники позволяет также несколько снизить уровень удельных материальных затрат, но этот эффект существенно слабее. Поэтому удельные материальные затраты на выпуск одного изделия $c_{\text{мат}}$ приближенно можно считать фиксированными. В простейшем случае можно представить кривую обучения для трудозатрат в следующем (логарифмическом) виде²:

$$c_{\text{тр}}(q) = c_{\text{тр}}^1 \cdot (1 - \lambda)^{\log_2 q}, \quad (1.3)$$

где $c_{\text{тр}}^1$ – трудозатраты (в денежном выражении) на выпуск первого экземпляра изделий нового типа,

q – *накопленный выпуск* (число выпущенных экземпляров с начала периода производства изделий данного типа).

¹ См. *Wright, T.P.* Factors Affecting the Cost of Airplanes // *Journal of Aeronautical Sciences*, vol. 3, February 1936, pp. 122-128.

² См. *Alchian, A.* Reliability of Progress Curves in Airframe Production // *Econometrica*, vol. 31, No. 4, 1963, pp. 679-694, и *Benkard, C.L.* A Dynamic Analysis of the Market for Wide-bodied Commercial Aircraft // *Review of Economic Studies*, vol. 71, № 3, Jun., 2004, pp. 581-611.

Эта формула означает, что удвоение накопленного выпуска приводит к снижению удельных трудозатрат в $(1 - \lambda)$ раз. Параметр λ называется *темпом обучения*. По данным зарубежных исследований¹, удвоение накопленного выпуска пассажирских самолетов сокращает стоимостные трудозатраты на сборку одного экземпляра, приблизительно, на 15..20 %. Следует подчеркнуть, что аналогичные статистические исследования активно проводились и в нашей стране (прежде всего, силами ученых Национального института авиационных технологий, НИАТ и др. отраслевых институтов) и, более того, воплощались в нормативах, определяющих трудоемкость производства новой продукции. Были разработаны и внедрены на всех предприятиях авиационной промышленности СССР нормативные кривые освоения производства, задающие требуемые темпы освоения новых операций в различных видах производств и для различных профессий. Соответствующие нормативы выглядят еще проще аналитических кривых: например, через 5 машин после первого экземпляра ожидается снижение трудоемкости на 50%, а через 10 – снижение до 30 % от начальной, и т.д. При этом на основе реального опыта производства и внедрения новых технологий нормативы корректировались.

Разумеется, приведенная здесь логарифмическая модель кривой обучения (как и любая другая) является лишь приближенной, и применима лишь в определенном диапазоне выпуска продукции. Например, очевидно, что при неограниченном возрастании накопленного выпуска удельные трудозатраты, вопреки приведенной модели, не будут сокращаться до нуля, поскольку эффект обучения приводит лишь к устранению потерь рабочего времени, рационализации выполняемых операций. Достижимое при этом сокращение трудоемкости, очевидно, имеет предел. Однако в приближенных расчетах можно пользоваться логарифмической моделью (1.3), поскольку, как было отмечено выше, фактические значения накопленного выпуска авиатехники составляют несколько сотен или тысяч изделий за весь ЖЦИ, а наиболее существенным эффект обучения является на начальных этапах серийного производства. В ряде работ, в т.ч. отечественных ученых² предложены более совершенные и, в то же время, более простые в вычислительном плане модели эффекта обучения.

Таким образом, суммарные прямые затраты на стадии серийного производства авиатехники можно выразить следующей формулой:

$$C_{\text{произв}}(Q) = c_{\text{мат}} \cdot Q + \sum_{q=1}^Q c_{\text{тр}}(q), \quad (1.4)$$

где Q – суммарный объем выпуска изделий данного типа за весь ЖЦ.

¹ См., например, *Alchian, A. Reliability of Progress Curves in Airframe Production // Econometrica*, vol. 31, No. 4, 1963, pp. 679-694.

² См. *Варшавский Л.Е.* Моделирование развития высокотехнологичных компаний-производителей продукции с длительным жизненным циклом с учетом процессов обучения // *Концепции*, № 1(22), 2009, С. 90–94.

Суммарные затраты на разработку и производство авиатехники можно выразить следующим образом:

$$TC = FC + VC(Q) = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}} \quad (1.5)$$

(TC = Total Cost – общие издержки, или общие затраты). Средняя себестоимость одного изделия может быть выражена следующей формулой:

$$\begin{aligned} AC &= \frac{TC}{Q} = \frac{FC + VC(Q)}{Q} = AFC + AVC = \frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}}{Q} = \\ &= \frac{C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}}}{Q} + c_{\text{мат}} + \frac{1}{Q} \cdot \sum_{q=1}^Q c_{\text{тр}}(q) \end{aligned} \quad (1.6)$$

(AC = Average Cost – средние издержки, или средние затраты). Наличие эффектов обучения усиливает сокращение средней себестоимости изделий с ростом объема их выпуска. Таким образом, за счет эффекта обучения производитель, достигший большего объема выпуска авиатехники, приобретает дополнительные конкурентные преимущества, наряду с упомянутым выше сокращением средних постоянных затрат.

На рис. 1.4 приведен график зависимости средней себестоимости самолета от суммарного объема выпуска за весь ЖЦИ при следующих исходных данных, приблизительно соответствующих программе создания широкофюзеляжного самолета сверхбольшой вместимости А-380 западноевропейского консорциума Airbus Industry¹: $FC = 12$ млрд. долл.; $c_{\text{мат}} = 100$ млн. долл./ед.; $c_{\text{тр}}^1 = 350$ млн. долл.; $\lambda = 15\%$.

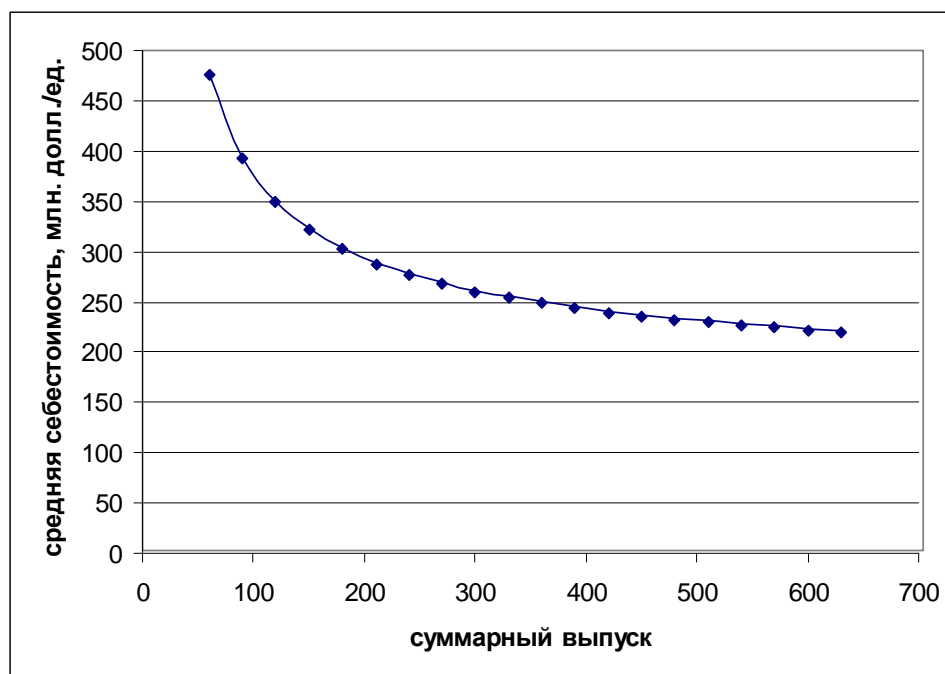


Рис. 1.4. Пример зависимости средней себестоимости самолетов от суммарных объемов выпуска

¹ См. Синецкий А. Новые флагманы // Авиатранспортное обозрение, № 60, 2005, и Хвостик Е. Airbus пошел на снижение // газета “Коммерсант”, 11.07.2006.

Из рисунка видно, что при увеличении суммарного выпуска со 100 экземпляров до 200 средняя себестоимость сокращается на 22 %, а при последующем увеличении выпуска от 200 до 500 – лишь на 21 %. Таким образом, быстрее всего средняя себестоимость сокращается на начальных этапах выпуска, в дальнейшем резервы ее сокращения исчерпываются.

Высокий уровень постоянных затрат и эффект обучения приводят к тому, что выпуск воздушных судов и авиадвигателей должен быть относительно массовым. В противном случае средние издержки будут неприемлемо высокими, что приведет к росту цены изделий, снижению их конкурентоспособности и прибыли производителей. Характерный пример¹: созданный Швецией самостоятельно (в силу нейтрального статуса этой страны) истребитель SAAB JAS39 Gripen в течение длительного времени практически не поставлялся на экспорт. Общий объем выпуска не превышал 140 единиц, т.к. самолет выпускался исключительно для нужд ВВС Швеции. В то же время, постоянные затраты, потребные для создания современного истребителя² и подготовки его серийного производства, были понесены Швецией в полном объеме. По официальным данным, общая стоимость программы разработки, ТПП и серийного выпуска $TC = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}} + C_{\text{произв}}$ первых 110 самолетов JAS39 Gripen составила свыше 10 млрд. долл. в ценах 1992 г.³ Оценим среднюю себестоимость одного самолета:

$$AC = \frac{TC}{Q} = \frac{10 \text{ млрд. долл.}}{110 \text{ шт.}} \approx 91 \frac{\text{млн. долл.}}{\text{шт.}}$$

Для сравнения, рыночная цена (заведомо превышающая себестоимость) истребителей, практически не уступающих по своим характеристикам JAS39, но выпущенных в объеме нескольких сотен или даже тысяч, составляет 30...40 млн. долл.⁴ Важно подчеркнуть, что приведенный пример – из области военного авиастроения, поэтому высокая средняя себестоимость изделий еще не является показателем неэффективности проекта и основанием для его прекращения. Несмотря на дороговизну, проект может быть реализован, исходя из тех или иных стратегических соображений. Однако в гражданском авиастроении роль коммерческой эффективности проекта существенно выше, чем в военной сфере.

Одним из главных показателей коммерческой эффективности проекта и его реализуемости в рыночных условиях (когда предприятия коммер-

¹ См. Ильин В.Е., Левин М.А. Истребители / М.: Виктория АСТ, 1996 – 288с.

² Самолет SAAB JAS39 Gripen, будучи, фактически, первым серийным истребителем пятого поколения, отличается многими особенностями, потребовавшими как масштабных НИОКР, так и коренного технологического перевооружения серийного производства. В числе этих особенностей – полимерно-композитная конструкция планера, цифровая электродистанционная система управления, и др.

³ См. Ильин В.Е., Левин М.А. Истребители / М.: Виктория АСТ, 1996 – 288с.

⁴ См. там же.

чески самостоятельны и должны работать, в основном, безубыточно) является *прибыль*. Прибыль от реализации проекта Π представляет собой разность суммарной *выручки* за весь ЖЦИ R (от англ. Revenue – выручка, или доход) и общих затрат:

$$\Pi = R - TC. \quad (1.7)$$

Если цена изделий p (от англ. Price – цена) постоянна, выручка равна произведению цены на объем продаж:

$$R = p \cdot Q \quad (1.8)$$

На рис. 1.5 изображены графики суммарных выручки, затрат и прибыли от реализации программы создания широкофюзеляжного пассажирского самолета. Цена принята равной 285 млн. долл./ед. Сравнив это значение с графиком на рис.1.6, можно заметить, что установленная цена ниже удельной себестоимости приблизительно первых 200 самолетов. Возможно ли такое, и чем может быть оправдана такая ценовая политика? На рынках авиатехники изначально объявленная цена может быть существенно ниже себестоимости первых выпущенных экземпляров. Однако авиастроительные компании, объявляя цену на будущие изделия, рассчитывают, что благодаря эффекту обучения и распределению постоянных затрат на большее число изделий, их себестоимость в дальнейшем снизится, и производство станет прибыльным.

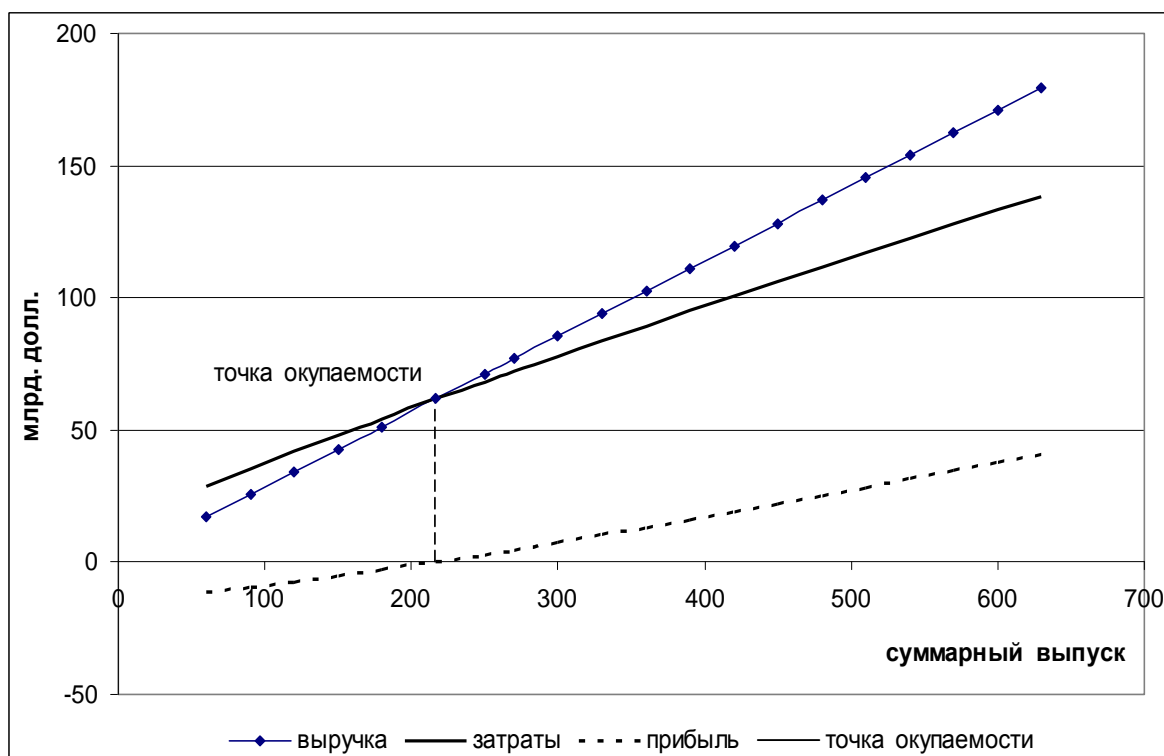


Рис. 1.5. Пример зависимости выручки, затрат и прибыли от суммарного выпуска воздушных судов

Из рисунка видно, что в данном примере окупаемость программы достигается, если удастся реализовать, по меньшей мере, 220 самолетов. Для сравнения: по исходным оценкам руководства компании Airbus Industry порог окупаемости программы А-380 составлял 250 единиц при цене 285 млн. долл.¹. Таким образом, точность наших приближенных расчетов весьма высока.

Как правило, рентабельные объемы продаж гражданских самолетов составляют, в зависимости от класса, несколько сотен или даже тысяч экземпляров, и наиболее массовые модели существенно превосходят эти пороговые значения. В то же время, емкость российских рынков авиаперевозок, и, следовательно, авиатехники принципиально недостаточна для обеспечения таких объемов продаж. Из этого вытекает важное следствие: российское гражданское авиастроение должно ориентироваться не только на внутренний рынок, но и на внешние, а для этого продукция отрасли должна быть конкурентоспособной на мировом рынке.

1.2.2. Риски реализации авиастроительных проектов

Прибыль от осуществления авиастроительных проектов весьма чувствительна к отклонению объема продаж от ожидаемого значения. Так, если в приведенном примере суммарный объем продаж составит не 300, а 270 самолетов, т.е. всего на 10 % меньше планируемого, ожидаемая прибыль упадет с 7,5 млрд. долл. до 4,7 млрд. долл., т.е. на 37%. Выражаясь экономическим языком, *эластичность*² прибыли по объему продаж существенно выше единицы (в данном примере она составляет 3,7), причем, по мере приближения к порогу окупаемости она неограниченно возрастает. Высокая чувствительность прибыли авиастроительных компаний к изменениям объемов продаж объясняется следующим образом. С одной стороны, и выручка, и затраты на реализацию проектов создания самолетов и авиадвигателей характеризуются значительными объемами (порядка миллиардов или даже десятков миллиардов долларов). С другой стороны, в силу жесткой конкуренции на рынках авиатехники, норма прибыли относительно невысока, и выручка лишь незначительно превышает затраты. В итоге, прибыль является разностью больших, но близких по значению величин. Поэтому даже небольшие относительные отклонения выручки и затрат от плановых значений могут превратить рентабельный проект в убыточный, и наоборот. Сильный эффект обучения делает сумму затрат на серийное производство и, как следствие – прибыль – еще более чувствительными к изменениям объема продаж. Эта особенность, во многом, объясняет значительные колебания рыночных курсов акций авиастроительных

¹ См. *Хвостик Е.* Airbus пошел на снижение // газета “Коммерсант”, 11.07.2006.

² Эластичность функции по аргументу показывает (приближенно), на сколько процентов изменится значение функции, если значение аргумента увеличится на 1%.

компаний вследствие несущественных, на первый взгляд, событий. Так, в 2006 г. концерн Airbus Industry, столкнувшись с рядом технических проблем, был вынужден объявить о переносе первых поставок нового широкофюзеляжного самолета сверхбольшой вместимости А-380 на 6–9 месяцев. Это повлекло за собой отмену заказов некоторых авиакомпаний общим объемом несколько десятков экземпляров, а также резкое (на 26 %) падение курса акций концерна¹. На первый взгляд, такие колебания вызваны лишь паникой на бирже, и никак не оправданы с экономической точки зрения. На несколько десятков экземпляров снизился относительно планового уровня объем продаж лишь одного из продуктов Airbus Industry (при том, что основу производственной программы составляют успешно продающиеся самолеты меньшей размерности – ближнесреднемагистральные А-318/319/320/321). Однако, как показывают оценочные расчеты в приведенном примере, возможные изменения прибыли при сокращении объемов продаж с 300 до 250 единиц составляют около 5 млрд. долларов, что сравнимо с фактически происшедшим сокращением капитализации (т.е., суммарной стоимости акций) концерна на 5,5 млрд. евро. Поскольку капитализация компании отражает ожидания акционеров относительно будущей прибыли, можно считать, что наблюдавшаяся реакция фондового рынка на изменения в программе А-380 была вполне адекватной.

Для снижения риска убыточности проекта, необходимо на самых ранних стадиях ЖЦИ обеспечить объемы будущих продаж, существенно превышающие порог окупаемости проекта. Для этого проводится комплекс маркетинговых мероприятий, направленных на учет потребностей потенциальных заказчиков и получение предварительных заказов, подробнее см. главу 2. Однако риск реализации авиастроительных проектов остается высоким. Во многом это обусловлено их чрезвычайно долгосрочным характером. Только предпроизводственные стадии ЖЦИ (НИОКР и ТПП) могут длиться 5–10 лет (см. п. 1.1), требуя вложений в размере нескольких миллиардов долларов. Причем, по окончании этих стадий возврат инвестиций только начнется, а срок окупаемости проекта может быть близким к общей длительности ЖЦИ. Частного инвестора трудно привлечь подобной перспективой возврата вложений. Кроме того, характерный для отрасли стратегический горизонт планирования (порядка 20–30 лет и более) многократно превышает горизонт планирования, присущий частному бизнесу.

Кредиты частных инвесторов, привлекаемые под такие долгосрочные и рискованные проекты, как правило, выдаются под высокую ставку процента, включающую в себя премию за риск. В экономически развитых странах мира широко практикуется государственное гарантирование кредитов, выдаваемых частными банками авиастроительным компаниям. В случае провала проекта возврат ссуды, выданной авиастроителям

¹ См. *Хвостик Е.* Airbus пошел на снижение // газета “Коммерсант”, 11.07.2006.

частными банками, производится за счет средств государственного бюджета. Только благодаря этому авиастроительным компаниям удается привлекать кредиты под относительно низкие ставки процента. По прогнозам компании Boeing, в случае исчезновения государственных гарантий по кредитам, выдаваемым частными банками авиастроительным компаниям США и Европы, процентные ставки по этим кредитам выросли бы от нынешних, практически околонулевых значений до 12...15 % годовых¹. Государственная промышленная политика западных стран включает в себя низкий процент кредитования новых технологий, что позволило при трех экономических кризисах последнего двадцатилетия организовать три модернизационных революции. Логика проста: выгода банков несравнима по экономическому весу с технологической перестройкой общества, где эффект мультиплицируется. На рис. 1.6 наглядно показано, во сколько раз сумма, подлежащая возврату, возрастет за время до погашения кредита при различных значениях годовых процентных ставок.

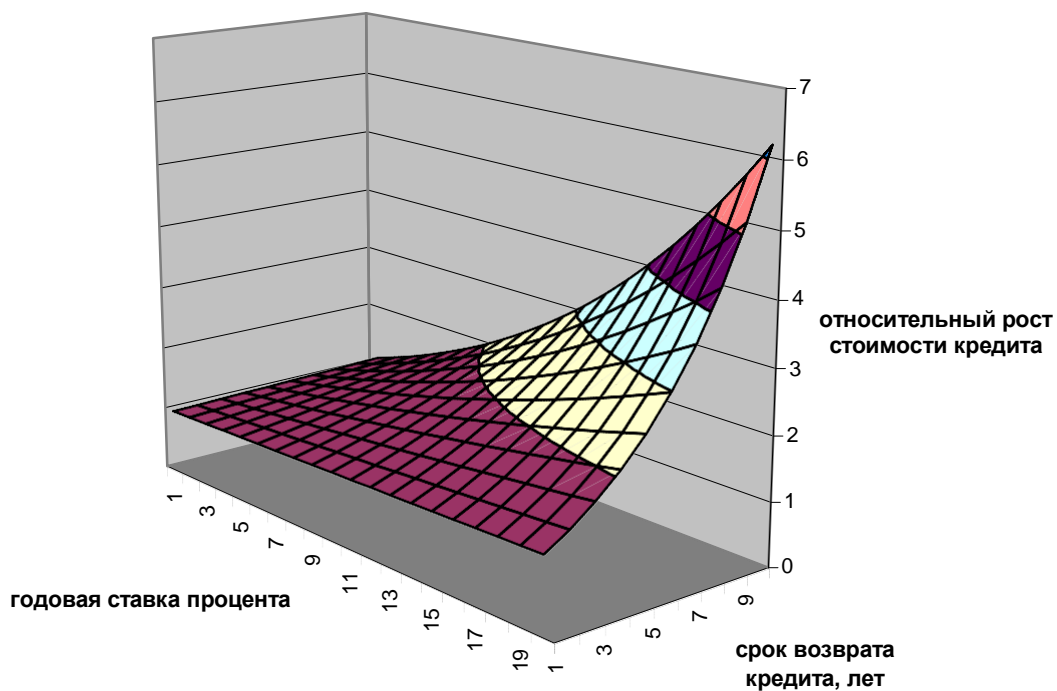


Рис. 1.6. Относительный прирост суммы, подлежащей возврату

Так, если период разработки и освоения серийного производства длится 5 лет, а годовая ставка процента составляет 15 %, сумма, потребная на создание нового образца авиатехники, за счет выросших на нее процентов по кредитам, практически удвоится. При ставке процента 20 % годовых за 6 лет сумма, подлежащая возврату, утроится, и т.д. Повышение процентных ставок до указанных значений (вполне соответствующих

¹ См. Проценты похоронят Эрбас и Боинг // сайт www.aviaport.ru, 21.10.2004.

высокому риску реализации авиастроительных проектов) повлекло бы за собой радикальное удорожание авиатехники, и, как следствие, снизило бы ее конкурентоспособность. Резко повысился бы риск рыночного провала нового самолета или авиадвигателя. В случае исчезновения государственных гарантий по кредитам, и американские, и европейские авиастроители всерьез опасаются тотального разорения.

Описанные особенности авиастроительного бизнеса (а также некоторые другие риски, подробно описанные в последующих главах) объясняют, почему его развитие исключительно на основе частной инициативы, без государственной поддержки, практически невозможно. Поэтому во всех экономически развитых странах, обладающих авиационной промышленностью – в США, ЕС и др. – отрасль функционирует под контролем и при поддержке государства, даже если авиастроительные компании являются частными. Примечательна история становления западноевропейского консорциума Airbus Industry, который, несмотря на неизбежные проблемы, занимает в мире лидирующие позиции в сфере гражданского авиастроения. При создании первой модели Airbus Industry – А-300 – доля государственных субсидий в общем объеме затрат на разработку и освоение серийного производства составляла 100%, и снизилась до 60% лишь при создании авиалайнеров А-330 и А-340, когда предприятие уже занимало прочные позиции на рынке магистральных самолетов¹. При этом и правительство США активно поддерживает компанию Boeing. Приведем следующую показательную цитату²:

«В форме займов на постройку нового авиалайнера Airbus А-380 у правительств ряда европейских стран получены 3,7 млрд. долларов, выплачивать которые полностью компания обязана только в случае коммерческого успеха проекта. Кроме того, европейскими правительствами Airbus предоставлены налоговые льготы и субсидии в размере 1,7 млрд. долларов на модернизацию инфраструктуры. Airbus также пользуется разработками в рамках исследовательских аэрокосмических программ Евросоюза. Что касается компании Boeing, то для постройки новейшего авиалайнера Boeing-787 штат Вашингтон предоставил компании налоговые льготы на общую сумму 3,2 млрд. долларов».

Т.е. государственной поддержкой ведущие зарубежные авиастроительные компании активно пользуются не только на этапе становления, но и в период массового выпуска современной высокотехнологичной продукции. Следует подчеркнуть, что, в силу особенностей организационной структуры зарубежного авиастроения, эти компании носят не национальный, а ярко выраженный транснациональный характер (многие подразделения или субподрядчики Boeing находятся в Европе, а субподрядчики Airbus Industry – в США), что не позволяет однозначно определять описанную практику как «поддержку отечественных производителей». В то же время, российская авиационная промышленность пока не интегрирова-

¹ См. Инновационный менеджмент в России: вопросы стратегического управления и научно-технологической безопасности / рук. авт. колл.: В.Л. Макаров, А.Е. Варшавский. М.: Наука, 2004 – 880 с

² См. Проценты похоронят Эрбас и Боинг // сайт www.aviaport.ru, 21.10.2004.

на в мировую настолько глубоко, и не может рассчитывать на какую-либо помощь зарубежных правительств в партнерских проектах.

Помимо вышеописанных мер, направленных на поддержание развития авиастроения как отрасли, промышленная политика развитых стран мира включает в себя широкий арсенал протекционистских мер, способствующих выигрышу национальной авиационной промышленности в глобальной конкурентной борьбе. В настоящее время правила Всемирной торговой организации (ВТО) серьезно ограничивают размеры прямой государственной помощи гражданскому авиастроению, но американские и европейские компании и правительства успешно обходят эти ограничения следующим образом. Существенная часть государственных субсидий поступает в рамках оборонных программ. В свою очередь, практически все зарубежные авиастроительные компании являются многопрофильными, т.е. выпускают продукцию как военного, так и гражданского назначения. Результаты оборонных НИОКР в авиастроении, как правило, имеют двойное назначение, и в дальнейшем свободно используются для повышения технического уровня гражданских самолетов и авиадвигателей¹. Также в гражданском секторе зарубежного авиастроения используются производственные мощности и квалифицированные кадры, фактически подготовленные в рамках программ военного назначения. В большей степени эта стратегия доступна компании Boeing, чем Airbus Industry, в силу большей доли военных программ в структуре бизнеса. Примечательно, что на протяжении нескольких десятилетий конкурирующие авиастроительные компании (американская Boeing и западноевропейская Airbus Industry, канадская Bombardier и бразильская Embraer), а также правительства соответствующих стран обвиняют друг друга в недобросовестной конкуренции, использовании недопустимых инструментов государственной поддержки и т.д. Но эти заявления носят лишь декларативный характер и сами являются орудием конкурентной борьбы.

Как показывает проведенный здесь анализ, существуют объективные, фундаментальные экономические факторы, определяющие необходимость функционирования авиационной промышленности под государственным контролем и при постоянной государственной поддержке. Однако высокий уровень поддержки подразумевает и высокую ответственность получателей государственной помощи за результаты работы. Также действуют жесткие механизмы корпоративного управления, обеспечивающие ответственность наемных менеджеров перед владельцами компаний – акционерами. Так, многие крупнейшие авиастроительные и двигателестроительные компании (Airbus, Boeing, GE Aero Engines) претерпели несколько смен руководства за последние 6–7 лет. Из-за проблем с проектом А-380 своих постов лишились два руководителя Airbus и три президента EADS (материнской компании концерна). При этом проводились значительные изменения в верхнем эшелоне управления компаний.

¹ *Птичкин С.* Бомбардировщик для пассажиров // Российская газета, 26.01.2006.

1.3. Современная отраслевая организация авиационной промышленности

1.3.1. Направления производственной реструктуризации авиационной промышленности

Авиационная техника состоит из огромного количества деталей, узлов и агрегатов, производство каждого из которых, в свою очередь, требует множества технологических операций. Поэтому авиастроительное производство, как мало какое иное, требует рациональной организации. От того, на каких предприятиях выпускаются те или иные элементы авиатехники, и как эти предприятия взаимодействуют между собой, зависит себестоимость продукции, уровень разнообразных рисков, и, в конечном счете – эффективность работы отрасли. Поэтому мало рассматривать авиастроение (пусть даже определенной страны) как единое целое – необходимо уделить внимание отраслевой структуре авиационной промышленности.

Отечественная авиационная промышленность обладала неоптимальной, в рыночных условиях, организационной структурой, см. рис. 1.7.

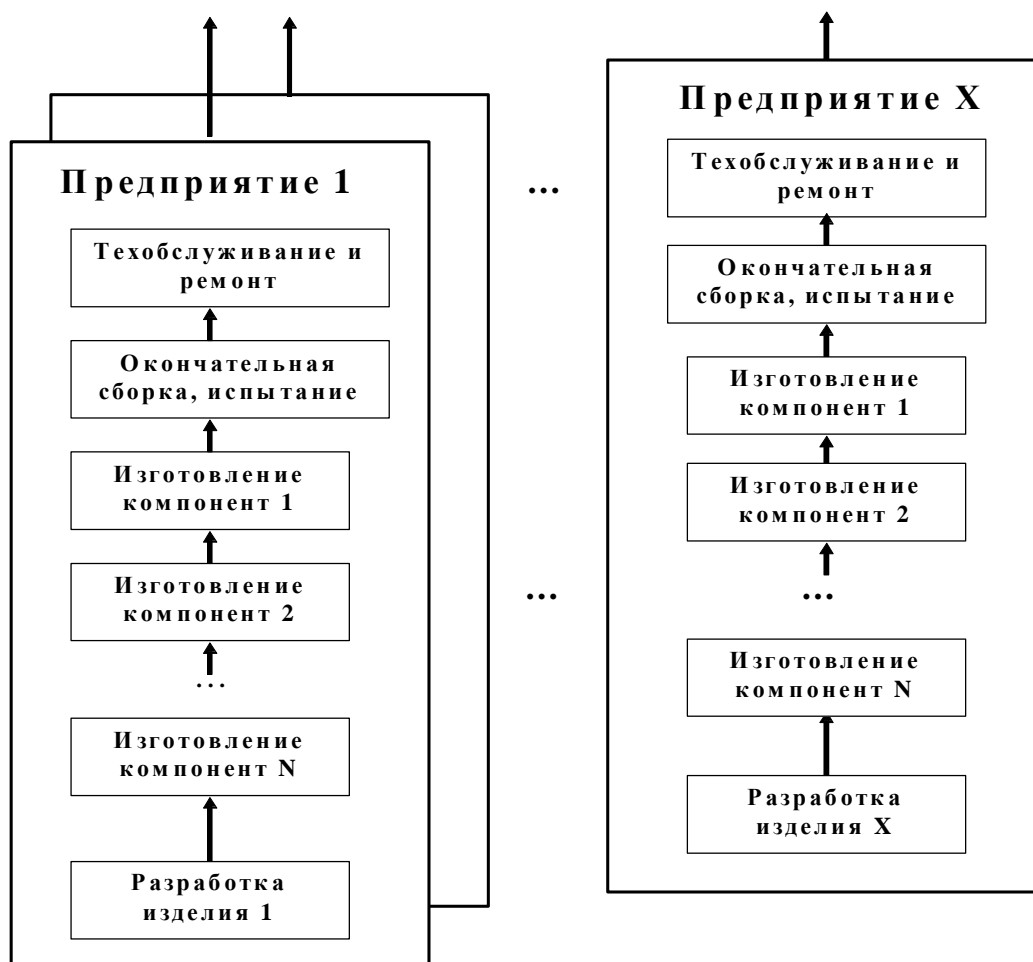


Рис.1.7. Структура отрасли с предприятиями полного цикла

Т.е. на каждом предприятии реализовался практически полный цикл производства финального изделия и всех его основных компонент. Происходило неоправданное дублирование инвестиций в разработку изделий, создание и поддержание материально-технической базы, при низкой загрузке каждого предприятия (и каждого цеха на предприятии) в отдельности. Это приводило к следующим негативным последствиям¹:

- повышение себестоимости продукции;
- невозможность реализовать в полной мере программы разработки новых изделий и технического перевооружения производства ни за счет собственных средств, ни за счет государственной поддержки. Кроме того, нередко возникала неоправданная конкуренция между отечественными предприятиями, дополнительно ухудшавшая их конкурентные позиции на внешних рынках. Наконец, еще не завершена интеграция разработки и серийного производства авиатехники, что порождает проблемы неэффективной поддержки слабозагруженных конструкторских бюро, защиты авторских прав на выпускаемые серийно изделия и др.



Рис.1.8. Современная организационная структура авиационной промышленности наиболее развитых стран мира

¹ Некоторые детали подробнее описаны в п. 4.2.

Таким образом, отрасль нуждается в кардинальной производственной реструктуризации. Как показывает зарубежный опыт и научный анализ (в упрощенном виде, воспроизведенный далее), в рыночных условиях наиболее эффективен следующий вид организационной структуры данной отрасли, см. рис. 1.8.

Такая организационная структура называется *матричной*, или *сетевой*. В такой структуре предприятия отказываются от реализации полного цикла производства финальных изделий со всеми необходимыми компонентами, а специализируются на выпуске отдельных компонент летательных аппаратов или авиадвигателей, а нередко даже на отдельных высокотехнологичных производственных услугах (например, таких, как напыление жаропрочных покрытий на лопатках турбин). Такие специализированные производства концентрируют необходимые виды дорогостоящего современного оборудования, высококвалифицированный персонал, нематериальные активы. Поскольку специализированные производства выпускают соответствующие комплектующие изделия в интересах всей отрасли или ее значительной части, обеспечивается экономически эффективная загрузка их производственного потенциала.

Выпуск финальных изделий в матричных структурах реализуется в рамках кооперации предприятий отрасли. Как правило, «под» каждое финальное изделие создается «мягкий»¹ альянс специализированных предприятий, поставляющих отдельные комплектующие изделия или производственные услуги. В рамках альянса реализуются общее управление проектом, маркетинг, системная интеграция компонент, послепродажное обслуживание, а комплектующие изделия, услуги и работы производственного назначения закупаются на основе субподряда. В каждый альянс входят:

- самостоятельные предприятия-поставщики комплектующих изделий (в ряде случаев они сочетают функцию изготовления и поставки с конструкторской разработкой узлов или деталей) и предприятия-подрядчики (интеграторы), разрабатывающие программное обеспечение, выполняющие финальную сборку, испытания, транспортировку изделий, осуществляющие их послепродажное обслуживание, и т.п.;

¹ По степени жесткости связей между предприятиями, интеграция может быть (см., например, *Тренин Н.Н.* Предприятие и его структура: анализ, диагностика, оздоровление / М.: Приор, 2002. – 240 с.):

- *жесткой*, подразумевающей юридически закрепленные обязательства объединяемых предприятий (например, финансово-промышленные группы, холдинги, концерны, и т.п.),
- и *мягкой*, основанной, прежде всего, на взаимных экономических интересах участников (например, альянсы, консорциумы, картельные соглашения, соглашения об обмене информацией, и т.д.).

- головное предприятие альянса, на долю которого остаются, по классификации функций предприятия¹, преимущественно предпринимательские, а не производственные функции – формирование облика нового продукта, логистика, маркетинг, общее управление проектом.

Важнейшей функцией головного предприятия такого альянса становится, строго говоря, не сборка финального изделия (она также может быть поручена тому или иному специализированному предприятию), а именно его системная интеграция и поставка Заказчику. Системный интегратор проекта является носителем торговой марки (бренда) и, в конечном счете, единолично отвечает перед заказчиками за качество своей продукции, собранной из комплектующих изделий множества специализированных производителей, о которых заказчик может даже и не знать (и уж, по крайней мере, не обязан знать в случае возникновения проблем с качеством).

В зарубежной практике получили распространение следующие формы контрактных взаимоотношений специализированных предприятий с заказчиками, т.е., авиа- и двигателестроительными фирмами.

1) Долгосрочное соглашение (LTA, Long Term Agreement)

Заказчик финансирует специализированному поставщику технологическую подготовку производства (ТПП) комплектующих по необходимой заказчику спецификации, в т.ч.:

- разработку технологии производства,
- наладку имеющегося у поставщика гибкого оборудования,
- при необходимости – закупку нового оборудования,

т.е., в рамках вышеприведенной модели, специфические постоянные затраты. При этом заказчик закупает комплектующие изделия по заранее оговоренной цене. Таким образом, единственный фактор риска для специализированного поставщика – это неопределенность объема продаж готовых изделий, и, следовательно, выручки от продажи комплектующих. Риск потери начальных вложений в полной мере несет заказчик.

Из-за низкой серийности производители комплектующих изделий закладывают в стоимость продукции все свои издержки и риски, что делает ее стоимость запредельной. Резервы здесь понятны. Например, поставщики по программе Ту-204СМ утверждают, что при гарантированном заказе комплектующих на 20-40 бортов они готовы идти на снижение расценок в среднем на 15%, а по некоторым изделиям с длинным циклом производства до 30%.

2) Разделение рисков и выручки (RRSP, Risks & Revenue Sharing Program).

Специфические постоянные затраты несет сам поставщик. При этом он получает фиксированную долю выручки от продажи воздушных судов

¹ см., например, Волков О.И., Девяткин О.В. Организация производства на предприятии (фирме) / М.: ИНФРА-М, 2004 – 448с.

или авиадвигателей. Риски при этом выше, поскольку в число факторов риска теперь входит как объем продаж изделий, так и цена, по которой они будут продаваться, т.е., оба сомножителя выручки. Кроме того, возникает риск потери начальных вложений, которые делает сам поставщик.

3) *Разделение выручки (RSP, Revenue Sharing Program)*

В отличие от предыдущего варианта, начальные вложения в ТПП финансирует заказчик, но поставщик также получает фиксированную долю выручки. Поскольку риск потери начальных вложений полностью несет заказчик, по уровню риска (а, следовательно, и по уровню требуемой премии за риск) такой тип контрактов занимает промежуточное положение между первыми двумя.

Заметим, что все типы контрактов, кроме контракта с разделением рисков, в принципе предусматривают возможность смены заказчиком поставщиков комплектующих изделий и производственных услуг. В контракте с разделением рисков специализированный поставщик становится полноправным соучастником программы создания нового продукта. В то же время, и такие соглашения могут иметь срок действия, существенно меньший, чем длительность периода продаж изделий. Что касается долгосрочных соглашений, они, как правило, предусматривают, что данный поставщик остается единственным на протяжении нескольких лет. По окончании этого срока возможна смена поставщика.

В реальности технологическая цепочка включает в себя много звеньев, а структура, упрощенно представленная на рис. 1.8., является многоуровневой. Взаимодействие между бизнес-партнерами в рамках цепочек поставок строится по следующей схеме. Партнеры нулевого уровня (ОЕМ-партнеры, ОЕМ – Original Equipment Manufacturer) разрабатывают весь самолет и обеспечивают интеграцию его компонентов. Партнеры первого уровня (партнеры, разделяющие риски) занимаются целыми секциями, второго – отдельными узлами. Бизнес-партнеры третьего, четвертого и пятого уровня – это просто поставщики деталей и материалов. Таким образом, сложилась следующая иерархия подрядчиков:

Интегратор (ОЕМ) – НИОКР, контроль проектирования, управление программой, производство компонентов, под сборки, линии финальной сборки изделий (ФАЛ), монтаж, логистика и др.;

1 уровень – компоненты, основные сборки и проектирование;

2 уровень – компоненты, под сборки;

3 уровень – малые компоненты, поставки, заготовки.

Подрядчики 1-го уровня исполняют сложные работы и контактируют напрямую с компанией-интегратором. Подрядчики 2-го уровня также заведуют производством крупных узлов и подсистем. При этом их контакты ограничены подрядчиками 1-го уровня. Подрядчики 3-го уровня работают по более мелким пакетам программы и контактируют только с подрядчиками 2-го и в редких случаях 1-го уровня. Компания-интегратор

обязательно проводит и утверждает результаты аудитов компаний-кандидатов в подрядчики, и организует их включение в тот или иной уровень. При этом головная компания, как правило, выставляет ряд требований будущему подрядчику по устранению несоответствий или дооснащению. Количественно соотношение численности самолетных подрядчиков по 1...3 уровням можно примерно представить как 20:100:500. Так же соотносится уровень конкуренции. Для подрядчиков 1-го уровня долгосрочно планируется около 60% загрузки (также по конкурсу) и 40 % заказов достается в жесткой конкурентной борьбе. В ряде случаев работы раздаются на подряд по схеме риск-разделенного партнерства. При этом подрядчик, как правило, сам проектирует компонент или систему на основе выданных ему исходных данных, сертифицирует и, при успешном завершении процесса, поставляет в ходе серийного производства.

1.3.2. Эффективность и риски реструктуризации авиационной промышленности

Переход к новой структуре отрасли обусловлен экономическими особенностями авиастроения (а также многих других наукоемких и высокотехнологичных отраслей промышленности). Под ожидаемым эффектом от реструктуризации отрасли можно подразумевать:

- изменение инвестиционного потенциала (т.е., прежде всего, объема собственных средств) предприятий, обеспечивающее реализуемость программ разработки новых изделий и закупки нового оборудования;
- сокращение себестоимости продукции (как постоянных, так, возможно, и переменных затрат);
- повышение ожидаемой выручки (за счет повышения конкурентоспособности и рыночного спроса на продукцию);
- повышение ожидаемой прибыли и рентабельности реструктуризованных предприятий;
- снижение рисков изменения спроса, выручки, затрат и прибыли.

Сетевая структура позволяет воспользоваться преимуществами увеличения масштабов производства, исключить излишнее дублирование затрат на разработку новой продукции и технологическое перевооружение предприятий (что и обеспечивает относительно низкую фондоемкость зарубежного авиастроения). В то же время она не исключает, а способствует конкуренции, как между специализированными предприятиями-производителями компонент к авиатехнике, так и между альянсами (системными интеграторами). Каждый производитель финальных изделий может закупать комплектующие изделия у нескольких конкурирующих производителей, в т.ч. и за рубежом, что позволяет ему снизить закупочную цену и разнообразные риски (снижения качества, срыва поставок, и т.п.).

С другой стороны, на каждом специализированном предприятии организуется производство определенных комплектующих изделий для нескольких типов финальных изделий (например, авиадвигателей как гражданского, так и военного назначения; возможно, и газотурбинных установок наземного назначения, судовых, и др.), в том числе конкурирующих между собой. Это позволяет диверсифицировать производство, существенно увеличить его масштабы и снизить риск спада спроса (а такой риск в авиастроении очень велик).

Программа специализации и кооперации в ОАК проработана достаточно глубоко, под нее строится корпоративная программа инвестиций. Один из примеров – литейные производства, которые требуют концентрации на одном заводе. Их нерентабельно иметь на каждом предприятии при высокой недозагрузке и генерации убытков. Требуется радикально заменить все оборудование, одновременно решая вопрос сокращения энерго-, трудо- и др. затрат. По той же схеме сегодня в РФ в одном месте делают кресла и на Ил-96, и на Ту-204; и красят эти же самолеты в Ульяновске, что приводит к снижению себестоимости.

Важно подчеркнуть, что описанная организационная структура отрасли позволяет, в случае необходимости, гибко перестраивать схему кооперации предприятий, привлекать зарубежных поставщиков комплектующих изделий или производственных услуг, и, наоборот, российским предприятиям – участвовать в международных кооперационных проектах.

Основной задачей интегратора при управлении пулом партнеров (распределенных по всему миру, с разной культурой, подходами, менталитетом) является достижение эффекта синергии от бизнес-деятельности. Синергия может быть результатом системного подхода и эффективного переноса компетенции.

Системная синергия может достигаться или за счет централизации отдельных бизнес-процессов, или за счет интеграции предприятий по цепочке создания ценности. Примером централизации бизнес-процессов могут служить закупочно-поставочные подразделения компании-интегратора. Она имеет централизованную систему закупок ПКИ и единую службу логистики для всех сборочных линий и предприятий. При этом достигается эффект масштаба, который невозможен при децентрализации закупочной деятельности.

Интеграция предприятий по цепочке создания ценности дает эффект синергии, несколько менее значительный, чем при централизации бизнес-процессов. Четкое взаимодействие интегрированных поставщиков, единая обучающая платформа позволяет, например, улучшить процесс планирования и уменьшить время простоев, что приводит к увеличению загрузки производственных мощностей.

Синергия от переноса компетенции состоит в том, что компания-интегратор обладает какой-нибудь уникальной компетенцией, которая способна обеспечить конкурентоспособность на рынке. При включении предприятия в число поставщиков первого уровня данная компетенция переносится на вновь приобретенного партнера. В частности, одной из ключевых компетенций компании-интегратора является умение создавать эффективные системы управления. Синергия достигается за счет унификации в каждой бизнес-единице системы повышения эффективности управления (трансферта управленческих "ноу-хау"). Например, в Airbus действует ACE, академия выработки и распространения передового опыта компании.

Успешные примеры синергетической кооперации известны, например, в зарубежном авиационном двигателестроении. Так, альянс CFM International между компаниями General Electric (США) и Snecma Moteurs (Франция), несмотря на отсутствие формального объединения активов предприятий-участников, разработал и выпустил только за первые 10 лет своего существования более 13000 экземпляров авиадвигателей гражданского назначения семейства CFM56, которое стало лидером в своем классе. В настоящее время в авиационной промышленности развитых стран мира углубляется специализация предприятий, поставляющих отдельные комплектующие изделия и производственные услуги. По существу, ведущие самолетостроительные и двигателестроительные компании мира все больше становятся похожими на описанные "мягкие" альянсы, объединяющие сотни и даже тысячи предприятий-поставщиков.

При выработке стратегии развития российского авиастроения как отрасли промышленности необходимо учитывать некоторые важные мировые тенденции:

– развитие международной кооперации при создании новых авиационных продуктов, которая позволяет снизить уровень рисков, повысить уровень специализации при разработке и производстве деталей и узлов, снизить себестоимость с учетом, в частности, разного уровня оплаты труда в различных регионах мира, расширить рынки сбыта и обеспечить продвижение продукции в разных регионах мира (в т.ч. преодолевая протекционистские барьеры благодаря локализации производства);

– превращение ведущих компаний в многопрофильные структуры, объединяющие выпуск изделий различного назначения (самолеты, авиадвигатели гражданского и военного назначения, энергетические установки различного применения) с послепродажным обслуживанием и оказанием финансовых услуг (страхование, лизинг самолетов и двигателей, кредитование и др.).

Разумеется, производственная реструктуризация отрасли (переход к матричной структуре, образование виртуальных предприятий) – далеко не

панацея. Вышеупомянутые положительные эффекты (экономия на масштабах, синергия и т.п.) не проявятся, если выпуск продукции останется штучным. Поэтому основной для российских авиастроителей вопрос – что именно и как должны разрабатывать и производить авиастроительные предприятия, чтобы их продукция пользовалась массовым спросом?

Одним из главных показателей экономической эффективности работы предприятий является себестоимость продукции. Причем, если в п. 1.2.1 рассматривались лишь общие закономерности ее изменения, отраслевые особенности структуры затрат и т.п., то здесь мы обратим внимание на то, что себестоимость производства авиатехники существенно зависит от организационной структуры отрасли. Для сравнительных оценок может использоваться следующая упрощенная модель. Предположим, что все типы выпускаемых изделий состоят из одинакового набора основных компонент. Пусть q – суммарный выпуск финальных изделий (самолетов, вертолетов, авиадвигателей и т.п.) в отрасли. Себестоимость выпуска каждой компоненты финального изделия в объеме q единиц в год можно представить в виде:

$$TC(q) = FC + VC(q),$$

где FC , VC – постоянные и переменные затраты. Постоянные затраты предлагается разделить на *специфические* для данного типа изделий и *общие* для данной компоненты изделий всех типов:

$$FC = FC^{\text{спец}} + FC^{\text{общ}}.$$

К общим постоянным затратам можно отнести:

- затраты на фундаментальные и поисковые исследования, направленные на совершенствование данного вида компонентов;
- затраты на разработку технологий и приобретение специализированного оборудования для производства данного вида компонентов;
- затраты на подготовку высококвалифицированных специалистов, способных выпускать компоненты данного вида.

К специфическим постоянным затратам относятся затраты на разработку программного обеспечения и настройку автоматизированных технологических линий и установок, станков с ЧПУ, и т.д., для изготовления компонентов к определенному типу финальных изделий.

Введем следующие обозначения:

$FC^{\text{средн}}$ – агрегированные постоянные затраты (в расчете на год) на изолированное производство единственного типа финальных изделий,

$AVC^{\text{средн}}$ – агрегированные средние переменные затраты на производство одного финального изделия, усредненные по всем типам изделий,

β – доля агрегированных постоянных затрат, которая является общей для различных типов изделий.

Тогда общие и специфические постоянные затраты могут быть представлены следующим образом:

$$FC^{\text{средн общ}} = \beta \cdot FC^{\text{средн}}, \quad FC^{\text{средн спец}} = (1 - \beta) \cdot FC^{\text{средн}}.$$

Предположим, что до проведения реструктуризации в отрасли работало N авиастроительных предприятий с полным циклом производства. Обозначим x – число типов финальных изделий, выпускавшихся на каждом предприятии, т.е., модельный ряд в отрасли насчитывал $N \cdot x$ наименований. Тогда постоянные затраты в отрасли (в расчете на год) составляли

$$FC = N \cdot FC^{\text{средн общ}} + N \cdot x \cdot FC^{\text{средн спец}} = N \cdot \beta \cdot FC^{\text{средн}} + \\ + N \cdot x \cdot (1 - \beta) \cdot FC^{\text{средн}} = \{\beta + (1 - \beta) \cdot x\} \cdot N \cdot FC^{\text{средн}}.$$

Средняя себестоимость одного финального изделия до проведения реструктуризации составляла

$$AC^{\text{средн}} = AVC^{\text{средн}} + \{\beta \cdot N + (1 - \beta) \cdot N \cdot x\} \cdot \frac{FC^{\text{средн}}}{q}.$$

Предположим, что по окончании реструктуризации в отрасли остается по t конкурирующих предприятий, специализирующихся на производстве каждого вида компонент (можно потребовать выполнения условия, при котором ни одно существующее предприятие полного цикла не закрывается). В рамках соответствующих альянсов, выпускается n типов финальных изделий. Тогда суммарные постоянные затраты в отрасли (в расчете на год) составят

$$FC = t \cdot FC^{\text{средн общ}} + n \cdot t \cdot FC^{\text{средн спец}} = t \cdot \beta \cdot FC^{\text{средн}} + \\ + n \cdot t \cdot (1 - \beta) \cdot FC^{\text{средн}} = \{\beta + (1 - \beta) \cdot n\} \cdot t \cdot FC^{\text{средн}},$$

даже если предположить, что каждый поставщик комплектующих или услуг с целью снижения рисков участвует во всех альянсах. Таким образом, получается пессимистическая оценка себестоимости в матричной структуре. Средняя себестоимость одного финального изделия по окончании реструктуризации составит

$$AC^{\text{средн}} = AVC^{\text{средн}} + \{\beta \cdot t + (1 - \beta) \cdot t \cdot n\} \cdot \frac{FC^{\text{средн}}}{q}.$$

В рамках данной модели, сокращение средних постоянных затрат достигается за счет двух факторов:

- специализация предприятий на выпуске компонент ($t < N$),
- сокращение модельного ряда изделий ($n < N \cdot x$).

Их относительная значимость определяется параметром β , т.е., долей общих постоянных затрат. Доля общей составляющей постоянных затрат в современном авиастроении превышает 50 %. Производство элементов современных самолетов и авиадвигателей требует закупки или создания дорогостоящего технологического оборудования. В то же время, оно отличается значительной гибкостью и может применяться для изготовления определенных компонент финальных изделий различных типов и классов. То же самое касается и высококвалифицированных специалистов. Поэтому можно ожидать, что основной эффект от осуществления описанной стратегии реструктуризации отрасли принесет не столько сокращение модельного ряда авиатехники, сколько специализация предприятий на выпуске отдельных компонент финальных изделий.

Таким образом, в XXI веке матричная или сетевая структура отрасли свободна от большей части недостатков организационных структур конца XX века, и, в то же время, обладает многими преимуществами. Возникает вопрос: почему, несмотря на описанные выше преимущества, нынешняя организационная структура отечественной авиационной промышленности далека от описанной выше сетевой структуры? Необходимо учитывать, что реорганизационный период требует времени, сталкивается с сопротивлением менеджмента. Кроме того, при переходе к сетевой структуре, выделении независимых поставщиков комплектующих изделий, для головного предприятия (системного интегратора) возникает целый ряд *контрактных рисков*. В их числе – риск изменения отпускных цен поставщиков, уровня дефектности их продукции, транспортных издержек, таможенных барьеров и т.д. В неблагоприятной институциональной среде проявляется оппортунизм поставщиков, который приводит к так называемой «*проблеме смежников*». Поставщик комплектующих изделий или производственных услуг, выбранный в начале ЖЦИ, пользуясь своим фактически монопольным положением, может в дальнейшем завышать цены на свою продукцию, допускать повышение уровня ее дефектности, срывы поставок, и т.п. Примеры широко известны как в авиастроении:

- конструктивно-производственные недостатки в элементах шасси, поставившихся Воронежскому АСО Балашихинским механическим заводом, вызвавшие приостановку эксплуатации парка самолетов Ил-96 сроком на 4 месяца;
- многократное удорожание комплектующих изделий, необходимых для производства самолетов Ту-204/214 на Казанском АПО, и др., так и в других высокотехнологичных отраслях отечественной промышленности – автомобилестроении, приборостроении, и т.д.

И даже при условии, что поставщик придерживается принципов деловой этики и намерен неукоснительно соблюдать свои контрактные

обязательства, существует целый ряд факторов риска, не контролируемых ни поставщиком, ни заказчиком. К их числу относятся:

- форс-мажорные обстоятельства природного и техногенного характера,
- изменения курсов валют и уровней цен на привлекаемые ресурсы (труд, сырье, энергоносители) в различных странах и регионах,
- непредвиденные изменения государственной экономической политики (в т.ч., налогово-бюджетной и таможенной).

«Проблема смежников» стала одной из самых острых проблем современного российского машиностроения. Она особенно усугубляется слабостью институтов, регулирующих контрактные отношения, в отечественной переходной экономике. Достаточно вспомнить кризис неплатежей и др. «специфические явления» 1990-х гг., делавшие невозможной организацию сложного наукоемкого производства и, тем более, разветвленной кооперации. Это яркий пример того, как институциональные проблемы блокируют переход к потенциально более эффективным организационным структурам и тем самым препятствуют снижению производственных затрат.

Как правило, в пользу долгосрочных отношений поставщиков и подрядчиков приводятся следующие аргументы. Долговременные взаимовыгодные отношения с единственным поставщиком способны привести (благодаря осознанию общих интересов и эффектам взаимного обучения) к более низким издержкам, более высокому качеству поставляемой продукции и лучшей ритмичности поставок. Однако в российской институциональной среде жесткое закрепление связей производителей финальных изделий с поставщиками комплектующих изделий породило «проблему смежников».

Международная кооперация, в которую включается российская авиационная промышленность, не только открывает ряд благоприятных возможностей, но и создает ряд угроз. В настоящее время и в обозримом будущем высок риск введения промышленно развитыми странами (прежде всего, США) санкций против российских предприятий или их партнеров¹. Только возможность оперативной смены поставщиков комплектующих изделий позволит российским авиастроительным предприятиям, несмотря на угрозу введения санкций, обеспечить приемлемый уровень экономической безопасности осуществления высокотехнологичных проектов в рамках международной кооперации.

Минимизировать контрактные риски и повысить адаптивность предприятий в динамичном рыночном окружении помогают некоторые новые технологические решения, в частности:

¹ Госдепартамент США подтвердил введение санкций против семи компаний из России, КНДР, Индии и Кубы // по сообщению информационного агентства АРМС-ТАСС, 07.08.2006.

- процессные методы организации совместных работ, стандартизация и типизация пулов подрядчиков;
- безбумажные технологии информационного обмена данными об изделиях, их конструкции, процессах производства и эксплуатации, и т.п., называемые CALS-технологиями (Continuous Acquisition & Lifecycle Support, непрерывная поддержка жизненного цикла, подробнее см. главу 8);
- системы CRM (Customer Relationship Management), управление взаимоотношениями с клиентами;
- гибкое производственное оборудование с числовым программным управлением (ЧПУ).

Эти решения позволяют радикально снизить транзакционные затраты, потери времени и средств, сопряженные со сменой контрагента. Подробнее о последствиях появления таких возможностей написано в главе 7.

1.3.3. Проблемы организации разработки авиатехники в сложных организационных структурах

Переход к открытой конфигурации изделий, модульная конструкция сложной продукции (в т.ч. авиатехники) открывает возможность ее разработки и производства не только на вертикально интегрированных предприятиях полного цикла (см. рис. 1.7), но и в рамках матричных и сетевых организационных структур. Выше показано, что в настоящее время складываются экономические, технологические, институциональные условия для перехода к матричным и сетевым организационным структурам отраслей и отраслевых комплексов. Как можно увидеть, сравнивая рис. 1.7 и 1.8, это означает *фрагментацию* технологических цепочек, уже происшедшую во многих высокотехнологичных отраслях мировой экономики. Как показано выше, это дает возможность сокращения себестоимости благодаря повышению масштабов выпуска и расширению ассортимента продукции специализированных производителей. Что касается негативных последствий такого изменения структуры предприятий и отраслей, прежде всего, обращают внимание на повышение транзакционных издержек, а также контрактных рисков. Переоснащение предприятий требует времени на перепланирование технологических линий, закупки оборудования и его освоение. В то же время, фрагментация технологических цепочек таит в себе еще целый ряд менее очевидных рисков, помимо контрактных. Прежде всего, она сопровождается дроблением компетенций и знаний, что особенно критично в наукоемких отраслях. Специализация, безусловно, позволяет предприятию накопить значительный опыт разработки и производства определенных компонентов изделия, приобрести исключительную компетентность в своей области, недостижимую для

предприятия, производящего финальное изделие по полному циклу. Однако при этом есть риск потери системного представления о продукте в целом. Безусловно, таким представлением должен обладать системный интегратор, который осуществляет управление проектом. Но формирование целостного представления об изделии затрудняется вследствие аутсорсинга разработки и производства большинства компонент. Т.е., помимо хорошо изученных транзакционных проблем, возникает *когнитивный барьер*. В последние десятилетия в наукоемкой промышленности, в т.ч. в авиастроении развиваются технологии параллельного проектирования сложных изделий и систем, подробнее см. главу 3. С формальной точки зрения, в их основе лежит декомпозиция глобальной задачи проектирования финального изделия на локальные задачи проектирования компонентов¹. Однако такая декомпозиция возможна лишь для систем с заданной структурой. Если же для достижения глобального оптимума потребуются кардинальное изменение структуры изделия, т.е. исключение определенных компонентов и/или включение новых, оно недостижимо в рамках описанного подхода. Например, специализированный производитель турбинных или компрессорных лопаток для газотурбинных двигателей может обеспечить наивысший достижимый уровень их конструктивного совершенства, низкую себестоимость, высокое качество и т.п. Однако вряд ли он предложит перейти к прямоточному реактивному двигателю², в газоздушном тракте которого отсутствуют компрессор, турбина и соответствующие лопатки. Можно возразить, что такое решение может и должен предложить системный интегратор, обладающий видением продукта в целом и перспектив его развития. Однако нет никакой гарантии, что такое видение у него действительно сформируется в условиях глубокой фрагментации технологических цепочек.

Влияние фрагментации знаний изменяется, по мере углубления фрагментации технологических цепочек, немонотонным образом. Если системный интегратор закупает у агентов законченные функциональные модули изделия, когнитивный барьер наиболее высок. В этом случае системный интегратор, как правило, представляет себе отдельные модули как «черные ящики» с известными «входом» и «выходом», к которым он может предъявлять требования. Поскольку он слабо представляет себе структуру модулей и суть происходящих в них процессов, он может лишь оптимизировать параметры их «входа» и «выхода», но не структуру системы в целом (см. примеры выше). Если же системный интегратор разук-

¹ Подробнее см., например, *Вязгин В.А., Федоров В.В. Математические методы автоматизированного проектирования* / М.: Высшая школа, 1989 – 184 с.

² Подробнее см., например, *Энциклопедия “Авиация”* / М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994 – 736с.

рупняет изделие до элементарных деталей (наподобие автонормалей – крепежных деталей, подшипников и т.п.) и элементарных технологических операций, в этом случае, наоборот, агенты теряют понимание роли своей продукции в финальном продукте. Разумеется, при этом полноценный аутсорсинг (широкое использование подрядчиков) в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) нереализуем – системный интегратор вынужден полностью разрабатывать изделие. Специализация (со всеми сопутствующими выгодами) реализуется в этом случае лишь собственно в производстве. Более того, она может и не исчерпать всех возможных резервов, поскольку для реализации межотраслевой унификации комплектующих изделий и производственных услуг необходимо видеть соответствующие возможности, что требует глубокого понимания структуры изделий различных отраслей. Следовательно, в наукоемких отраслях экономия от перехода к матричным организационным структурам будет невелика, и может не оправдать рост транзакционных и транспортных издержек.

Строго говоря, организация НИОКР может существенно отличаться от организации серийного производства, поэтому некорректно говорить «разработка и производство» тех или иных компонент. Например, изделие вполне может разрабатываться только системным интегратором, но его компоненты могут производиться специализированными предприятиями. Сравнивая различные виды организационных структур, необходимо учитывать все составляющие себестоимости изделия, возникающие на разных стадиях жизненного цикла:

- стоимость НИОКР;
- стоимость технологической подготовки производства (ТПП);
- стоимость серийного производства, а также потери, возникающие на каждой из перечисленных стадий жизненного цикла изделия. Каждое из этих слагаемых ведет себя особым образом по мере углубления фрагментации технологических цепочек. Но если поведение производственных затрат, а также разнообразных потерь на стадии серийного производства, связанных с оппортунистическим поведением партнеров и т.п., сравнительно глубоко изучено в разнообразных работах, то проблемы, возникающие на стадии НИОКР, исследованы гораздо меньше. Именно им уделено основное внимание в данном разделе.

В конечном счете, необходимо выработать рекомендации по оптимальной организации разработки сложных изделий, по выбору между вертикальной интеграцией в сфере НИОКР и аутсорсингом разработки отдельных компонент. С одной стороны, аутсорсинг НИОКР позволяет воспользоваться ключевыми компетенциями специализированных предприятий в разработке отдельных компонент, улучшая качество их

проектирования, удешевляя и ускоряя НИОКР. Возможность ускорения разработки изделий и обеспечения временного лидерства на рынке является чрезвычайно важной в наукоемких отраслях. С другой стороны, в силу описанной проблемы когнитивного барьера, самостоятельная разработка всего финального изделия системным интегратором обеспечивает лучшую согласованность получаемых проектных решений, чем аутсорсинг разработки отдельных компонент и агрегатов. Естественно, оптимальная организация разработки сложных изделий будет зависеть от специфики этих изделий, а также от стадии жизненного цикла используемых технологий. Здесь имеется в виду не жизненный цикл изделия (ЖЦИ), а, фактически, жизненный цикл определенного *технологического уклада* (ЖЦ ТУ). На протяжении этого жизненного цикла может смениться несколько поколений изделий. Помимо уже отмеченного немонотонного изменения высоты когнитивного барьера по мере углубления фрагментации, можно предположить, что его высота будет неодинаковой на различных стадиях ЖЦ ТУ. Когда технологии достигают зрелости (подробнее см. раздел 6.3.), можно считать, что рациональная структура декомпозиции сложных изделий определилась, хорошо известна руководству и специалистам предприятий – системных интеграторов. При этом оптимизация разработки и производства изделия сводится, главным образом, к эволюционному совершенствованию его компонент и снижению издержек их выпуска. Такая задача успешно решается в рамках матричных (сетевых) структур с глубокой специализацией предприятий-партнеров (соответственно, с глубокой фрагментацией технологических цепочек). Однако в периоды смены технологических укладов, осуществления радикальных продуктовых инноваций может оказаться более целесообразным создавать инновационный продукт в рамках переходной вертикально интегрированной структуры, контролируя разработку (а иногда и производство) всех необходимых компонент и производственных услуг. Это требует от системного интегратора содержания полномасштабных исследовательских и опытно-конструкторских мощностей, избыточных по меркам периодов зрелости технологии. Однако, в переходный период только такая стратегия позволит найти и эффективно использовать резервы радикального улучшения характеристик инновационной продукции.

Количественная модель когнитивного барьера должна отражать вышеописанные качественные особенности данного явления. Для формального описания обсуждаемой проблемы предлагается следующий подход. Пусть сложное изделие включает в себя элементарные компоненты, обозначаемые индексами $i = 1, \dots, n$. Понимание взаимосвязей между компонентами сложного изделия, т.е. комплексное представление о продукте, позволяет выбрать оптимальное, с точки зрения системы в целом,

проектное решение для каждой компоненты (в т.ч., возможно, и решение об исключении данной компоненты). В противном случае, если решаются независимые задачи оптимизации каждой компоненты (естественно, без возможности ее исключить), неучет взаимосвязи между компонентами приводит к ухудшению качества проектирования изделия в целом.

Общее количество взаимосвязей между компонентами финального изделия описывается следующей формулой:

$$S_{\Sigma}(n) = \frac{n \cdot (n-1)}{2}. \quad (1.9)$$

Если системный интегратор закупает у специализированных поставщиков m агрегатов финального изделия, каждый агрегат содержит, в среднем, $\frac{n}{m}$ элементов. Будем считать, что отдельный поставщик оптимизирует свой агрегат с позиций глобального оптимума для финального изделия в целом. При этом отдельный поставщик изучает и оптимизирует, в среднем, $\frac{n}{m} \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2$ связей. Все поставщики в сумме оптимизируют

$m \cdot \frac{n}{m} \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2 = n \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2 = \frac{n \cdot (n-m)}{2m}$ связей. Кроме того, сам системный интегратор согласует «входы» и «выходы» закупаемых агрегатов, что добавляет еще $\frac{m \cdot (m-1)}{2}$ взаимосвязей. Итого общее число взаимосвязей, учтенных в процессе НИОКР, выражается следующей формулой

$$S_{cons}(n; m) = \frac{m \cdot (m-1)}{2} + \frac{n \cdot (n-m)}{2m}. \quad (1.10)$$

Соответственно, число неучтенных взаимосвязей равно следующей разности:

$$\begin{aligned} S_{uncons}(n; m) &= S_{\Sigma}(n) - S_{cons}(n; m) = \frac{n \cdot (n-1)}{2} - \frac{m \cdot (m-1)}{2} - \frac{n \cdot (n-m)}{2m} = \\ &= \frac{m \cdot n \cdot (n-1) - m^2 \cdot (m-1) - n \cdot (n-m)}{2m} = \frac{(m-1) \cdot (n^2 - m^2)}{2m}, \quad m = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Полученное выражение изменяется немонотонным образом по мере увеличения числа закупаемых агрегатов m от 1 до n . Заметим, что оба эти крайних значения соответствуют централизованному проектированию всего изделия (хотя случай $m=1$ практически является вырожденным: он означает, что системный интегратор закупает изделие в целом у

другого системного интегратора), и в этих случаях, как и следовало ожидать, неучтенных взаимосвязей нет ($S_{uncons}(n;1) = S_{uncons}(n;n) = 0$). В промежуточных точках количество неучтенных взаимосвязей между элементами сложного изделия сначала резко возрастает, а затем начинает плавно убывать, см. рис. 1.9.

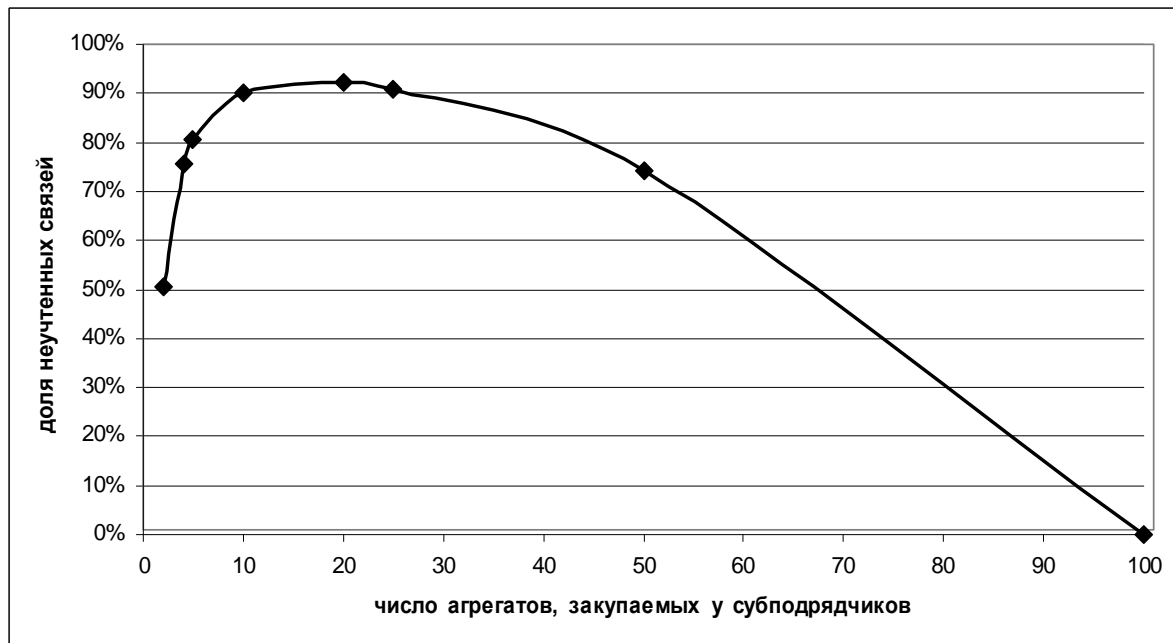


Рис. 1.9. Изменение высоты когнитивного барьера (доли неучтенных взаимосвязей между элементами сложных изделий) по мере углубления фрагментации технологических цепочек (пример, $n = 100$)

Показанным на рис. 1.9 образом ведет себя доля неучтенных взаимосвязей между элементами сложных изделий при изменении числа компонент, закупаемых у субподрядчиков. Как было отмечено выше, эти неучтенные взаимосвязи приводят к ухудшению качества проектирования изделия в целом. Заметим, что немонотонный характер полученной зависимости отражает отмеченную выше немонотонность изменения высоты когнитивного барьера по мере углубления фрагментации технологических цепочек. Причем, наиболее высоким этот барьер, действительно, будет в том случае, если системный интегратор закупает у поставщиков крупные ($m \square n$) законченные функциональные блоки.

Далее необходимо описать потери из-за неучета тех или иных взаимосвязей, а также затраты на их учет в процессе разработки нового изделия. Интегральным показателем качества проектирования сложного изделия будем считать прибыль от реализации за весь ЖЦИ. Тогда неучет взаимосвязей приводит к потере прибыли от реализации изделия относительно максимально достижимого уровня (глобального оптимума).

Предположим, что неучет взаимосвязи между компонентами i и j приводит к потере прибыли от реализации нового изделия, равной $\Delta\pi_{ij}$. На ранних стадиях жизненного цикла новой технологии величины $\{\Delta\pi_{ij}\}$, определяющие значимость связей между теми или иными компонентами, еще неизвестны. Строго говоря, планируя НИОКР по изделию в целом и по отдельным его компонентам, системный интегратор руководствуется лишь своей субъективной оценкой значимости той или иной связи $\{\Delta\hat{\pi}_{ij}\}$. Вначале (в момент времени $t=0$, считая от начала ЖЦ ТУ) все связи априори полагаются равноценными: $\Delta\hat{\pi}_{ij}(0) \equiv \Delta\pi_0$, где $\Delta\pi_0$ – априорная оценка значимости связи между элементами. По мере накопления опыта разработки, производства и эксплуатации изделий, оценки стремятся к своим истинным значениям $\{\Delta\pi_{ij}\}$. Для иллюстративных расчетов можно принять, что оценки стремятся к истинным значениям, например, по аperiodическому закону следующего вида:

$$\Delta\hat{\pi}_{ij}(t) = \Delta\pi_0 \cdot e^{-\lambda t} + \Delta\pi_{ij} \cdot (1 - e^{-\lambda t}) = \Delta\pi_{ij} + (\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) \cdot e^{-\lambda t}. \quad (1.12)$$

Параметр λ можно трактовать как темп накопления знаний об изделии и взаимосвязи его элементов. Планируя организацию НИОКР, системный интегратор принимает решение о том, следует ли учитывать ту или иную связь между элементами, или она является малозначительной. Пусть известна среднестатистическая стоимость учета одной связи в процессе проектирования изделия \bar{c}_{link} . Тогда, если $\Delta\hat{\pi}_{ij}(t) > \bar{c}_{link}$, связь между компонентами i и j считается важной и учитывается в процессе проектирования и системной интеграции. В самом начале ЖЦ ТУ все связи априори считаются значащими: $\Delta\pi_0 > \bar{c}_{link}$ и учитываются в процессе проектирования финального изделия. Т.е. в начале ЖЦ ТУ системному интегратору выгоднее самостоятельно вести НИОКР по всему изделию в целом (как и предполагалось в качественных рассуждениях, предшествовавших построению данной модели). Однако по мере накопления знаний об изделии как целостной системе, некоторые связи оказываются малозначительными (поскольку фактически $\Delta\pi_{ij} < \bar{c}_{link}$) и исключаются из рассмотрения, см. рис. 1.10.

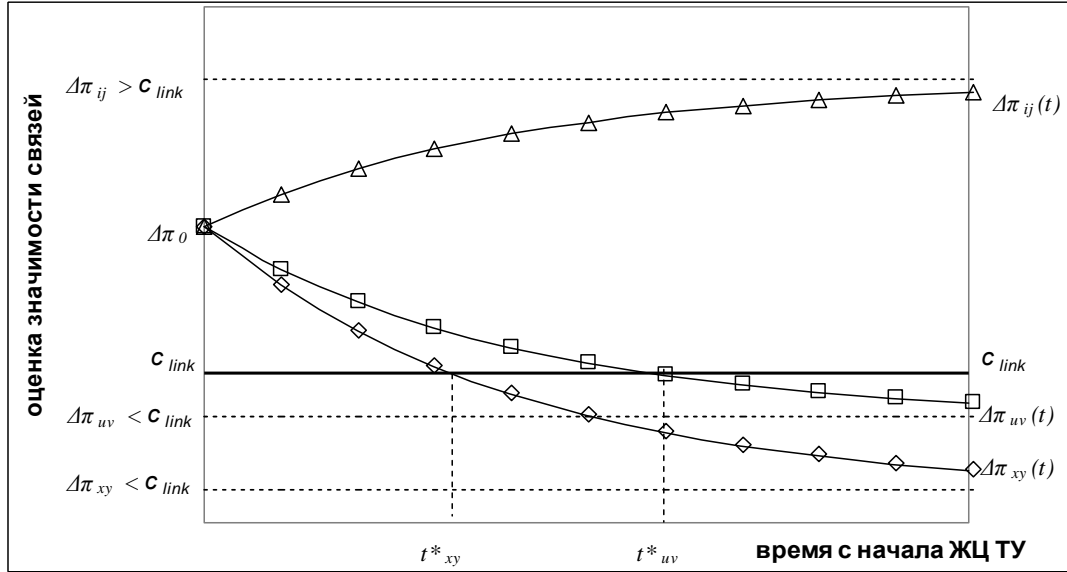


Рис. 1.10. Изменение со временем оценок значимости взаимосвязей между элементами изделия

Оставшиеся взаимосвязи, напротив, учитываются в процессе проектирования более тщательно, поскольку, по мере «вымывания» малозначительных связей, среднестатистическая значимость оставшихся связей растет. Найдем момент времени t_{ij}^* (относительно начала ЖЦ данной технологии), когда связь между компонентами i и j будет признана малозначительной и исключена из рассмотрения в процессе разработки сложного изделия:

$$\begin{aligned} \Delta\hat{\pi}_{ij}(t_{ij}^*) &= \Delta\pi_{ij} + (\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) \cdot e^{-\lambda t_{ij}^*} = \bar{c}_{link}, \\ \Rightarrow e^{\lambda t_{ij}^*} &= \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}}, \text{ или} \\ t_{ij}^* &= \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[\ln(\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) - \ln(\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}) \right]. \end{aligned} \quad (1.13)$$

Итак, если $\Delta\pi_{ij} < \bar{c}_{link}$, после t_{ij}^* взаимосвязь между компонентами i и j исключается из рассмотрения в ходе проектирования изделия. Найдем общее количество связей, признанных несущественными в момент t :

$$S_{unsuff}(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \delta_{ij}(t), \quad (1.14)$$

где $\delta_{ij}(t) = \begin{cases} 0, & \Delta\pi_{ij} < \bar{c}_{link} \cup t > t_{ij}^* \\ 1 & \end{cases}$ — индикатор, показывающий, учитывается

ли в данный момент при разработке изделия взаимосвязь между компонентами i и j , или она является и уже считается несущественной.

На первый взгляд, для того, чтобы определить рациональную глубину фрагментации технологической цепочки на той или иной стадии ЖЦ

новой технологии, достаточно сопоставить число $S_{unsuff}(t)$ с зависимостью $S_{uncons}(n;m)$, и найти соответствующее число агрегатов $m^*(t)$, на которые целесообразно делить финальное изделие в данный момент t . Однако зависимость $S_{uncons}(n;m)$ от m - немонотонна, и в принципе, решение может быть неединственным, см. рис. 1.11. Как трактовать возможный неоднозначный результат?

Прежде всего, заметим, что уже при $m=2$ доля неучтенных связей между элементами двух «черных ящиков» составит около 50 %, и при дальнейшем углублении фрагментации будет только возрастать. Следовательно, если к началу разработки второго (после начала освоения принципиально новой технологии) поколения изделий более половины взаимосвязей между элементами еще считается существенными (т.е. $S_{unsuff}(t) < \frac{S_{\Sigma}}{2}$),

это поколение изделий почти полностью целесообразно разрабатывать системному интегратору (считается, что первое поколение он вынужден был разрабатывать полностью самостоятельно). Допустимое число агрегатов, которые разрабатываются и поставляются специализированными производителями, довольно велико и близко к n . Т.е. возможен лишь аутсорсинг разработки относительно простых агрегатов, но не крупных функциональных модулей изделия, что соответствует движению «справа налево» на рис. 1.11. В противоположном случае возможно, что по мере накопления

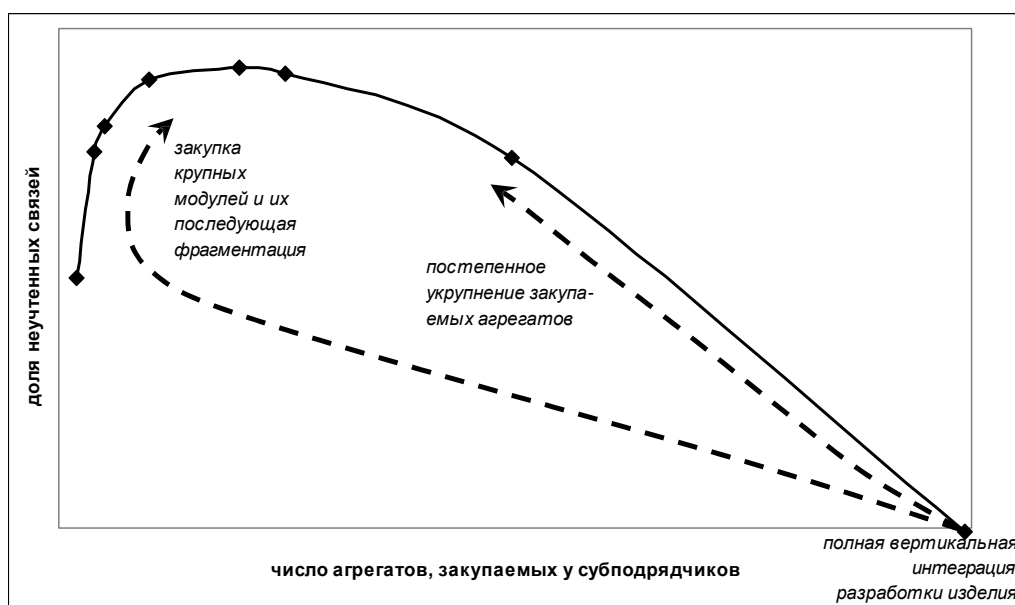


Рис. 1.11. Траектории изменения со временем допустимой (с точки зрения учета всех существенных взаимосвязей между элементами изделия) организации НИОКР

знаний о структуре изделия, сравнительно быстро выделится несколько крупных фрагментов технологической цепочки, которые при создании последующих поколений будут измельчаться далее с образованием цепочки субподрядов (движение «слева направо» на рис. 1.11.).

Т.е. развитие событий зависит от темпа накопления знаний о взаимосвязях элементов финального изделия λ . Если он низок (по сравнению с частотой смены поколений изделий), гораздо вероятнее постепенное укрупнение агрегатов, закупаемых системным интегратором у независимых поставщиков, а не фрагментация крупных модулей.

Также динамика фрагментации технологической цепочки сильно зависит от того, какие именно связи оказываются по мере накопления знаний несущественными. Если быстро выявляются кластеры сильно связанных друг с другом элементов изделия (на фоне слабости взаимосвязей элементов разных кластеров), они и образуют законченные функциональные модули, разработка которых может выделяться из состава вертикально интегрированного предприятия. Последнее станет лишь системным интегратором этих модулей. Напротив, возможно, что даже при $S_{unsuff}(t) \rightarrow S_{\Sigma}$, сильно взаимосвязанными окажутся такие детали, что выделение сравнительно обособленных модулей (т.е. переход к открытой архитектуре изделия) окажется невозможным.

Так, например, на современных гражданских самолетах традиционной компоновки авиадвигатели представляют собой именно такие законченные функциональные модули, разрабатываемые и производимые независимо от воздушных судов, на которых они устанавливаются. Даже их расположение (подвеска на пилонах под крылом) позволяет использовать на одной модели самолета двигатели конкурирующих производителей, и наоборот. Разработчики самолетов предъявляют требования к двигателям, фактически, как к «черному ящику» - оговариваются тягово-динамические, массогабаритные, расходные и некоторые другие характеристики, но не конкретная конструкция и технологии изготовления. На истребителях, где двигатели уже занимают значительную долю объема планера, степень интеграции самолета и двигателя гораздо сильнее, и приходится согласовывать их конструкцию по аэродинамическим, компоновочным и др. соображениям. Если же рассмотреть перспективные проекты авиадвигателей для гиперзвуковых летательных аппаратов, в частности – прямоточные двигатели внешнего сгорания¹, в этих конструкциях определенные части планера одновременно выполняют роль элементов двигателя, и разделение их разработки (как и производства) становится принципиально невозможным.

¹ Подробнее см., например, Энциклопедия «Авиация» / М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994 – 736с.

ГЛАВА 2. ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВИАТЕХНИКЕ И МАРКЕТИНГ В АВИАСТРОЕНИИ

2.1. Требования рынка к новой продукции авиастроения и срокам ее создания

2.1.1. Что такое конкурентоспособность

Как описано в главе 0, ЖЦ (жизненный цикл) нового продукта начинается с замысла, идеи. При этом необходимо учитывать ряд особенностей рынка высокотехнологичной долгоживущей продукции, как типовых, так и специфических. Рынки авиатехники являются конкурентными, и авиакомпания могут отдать предпочтение продукции тех или иных, в том числе, зарубежных производителей. Как правило, рынки гражданской авиатехники являются олигополиями, т.е. на них конкурирует несколько крупных производителей. Однако, несмотря на небольшое их число, соперничество между ними чрезвычайно жесткое. Усиление конкуренции коснулось и рынков послепродажного обслуживания. Эти работы и услуги могут предоставляться как производителем изделия, так и независимыми сервисными, ремонтными, и т.п. предприятиями. В этих условиях спрос на продукцию конкретного производителя определяется ее *конкурентоспособностью*. Конкурентоспособность продукции – это возможность ее продажи на свободном конкурентном рынке в условиях превышения предложения над спросом. Она измеряется долей рынка, которую удалось занять производителю данного продукта. В то же время, следует различать конкурентоспособность продукции и конкурентоспособность фирмы. Разумеется, если продукция неконкурентоспособна, то же самое можно сказать и о ее производителе. Однако обратное неверно, и даже создав востребованный на рынке продукт, производитель может не выдержать конкуренции и разориться. Какие факторы определяют конкурентоспособность фирмы в современной экономике? Процитируем современный взгляд на эти факторы, справедливый именно для наукоемких высокотехнологичных отраслей¹:

"Конкурентоспособность – это способность субъектов рынка соперничать между собой за наиболее выгодные и прибыльные сферы приложения капитала, источники сырьевых ресурсов, условия производства и реализации продукции. В настоящее время на первый план выходят неценовые факторы конкурентоспособности, из которых важнейшее значение имеют качество товара, его новизна и наукоемкость изделий. Продукты

¹ Гапоненко А.Л., Орлова Т.М. Полный курс МВА. Управление знаниями. Издательство ЭКСМО, 2008 г.

могут быть клонированы, технологии дублированы, новые мощности созданы заново. Главное конкурентное преимущество происходит из развития навыков, приобретенного опыта, инновационных возможностей, ноу-хау, понимания рынка, баз данных, систем обмена информацией, т. е. из элементов интеллектуального капитала.

В последние годы все чаще конкурентные преимущества обусловлены свойствами персонала, а также эффективно встроенными в бизнес-процессы информационными технологиями. Источники конкурентных преимуществ – это не только материальные ресурсы (земля, здания, оборудование и пр.), но и нематериальные ресурсы (репутация, связи, бренд, патенты, способности людей, навыки обслуживания, уникальная рыночная информация)."

Задачей производителя является скорейший вывод на рынок продукта, имеющего преимущества для потребителей по цене и качеству, и одновременно обеспечивающего производителю, по возможности, большую прибыль за ЖЦ. Скорость реализации некоторых программ, весьма насыщенных техническими новинками, впечатляет. Например, о конструировании и производстве модели «Boeing-777» фирма объявила в январе 1990 г., а поставки нового суперлайнера авиакомпаниям начались в мае 1995 г. Варианты оптимальных решений при проектировании самолета весьма разнообразны. Так, имеющий долгую и счастливую историю боевой самолет F-18 был спроектирован под максимальную ремонтпригодность (при использовании на авианосце в длительном боевом плавании возможности ремонтных служб минимальны).

Положение отечественной авиационной промышленности (по крайней мере, ее гражданского сектора) в 1990–2000-е гг. можно охарактеризовать как кризис конкурентоспособности: несмотря на то, что российские авиакомпании приобретали в эти годы воздушные суда, в общем объеме закупок преобладали импортные изделия (в т.ч. приобретенные на вторичном рынке), а объем продаж российских гражданских самолетов оставался штучным. Не пользовались они и массовым спросом на мировом рынке. Весьма низка конкурентоспособность продукции такой важнейшей подотрасли российского авиастроения, как авиационное двигателестроение. Обеспечение конкурентоспособности – одно из главных условий восстановления массового выпуска продукции и, в конечном счете – возобновления эффективной работы отрасли.

2.1.2. Экономическая эффективность как мерило конкурентоспособности

Конкурентоспособность достигается, если *экономическая эффективность* продукции выше, чем эффективность продукции конкурентов. Эффективность – это и есть пресловутое “соотношение цены и качества”. Однако применительно к авиатехнике такое расхожее выражение в принципе некорректно – ведь, как было показано, большая доля стоимости жизненного цикла авиатехники приходится на послепродажные стадии. Поэтому следует учитывать не только цену, уплачиваемую при покупке изделия, но и затраты, которые потребитель несет при его использовании. Общая сумма затрат потребителя за весь жизненный цикл продукта называется *общей стоимостью владения* – ТСО, Total Cost of Ownership. Для изделий с длительным жизненным циклом, в частности, для авиационной техники, цена и издержки приобретения составляют лишь малую долю ТСО, а большая доля затрат приходится на этап эксплуатации.

Для высокотехнологичных продуктов конкурентоспособность определяется не только экономическими факторами. Безотносительно к экономической эффективности, продукция может быть абсолютно неконкурентоспособной по причине несоответствия ее потребительских качеств и/или надежности *стандартам* данного рынка. Не соответствующая стандартам продукция вообще не может применяться по назначению, какими бы ни были связанные с ней затраты, ТСО, и т.п. В гражданском авиастроении важнейшими являются следующие группы стандартов и норм:

1) *Нормы летной годности* (в ряде стран – *авиационные правила*, определяющие возможность безопасной эксплуатации авиатехники, перевозки на ней пассажиров. Как правило, такие нормы устанавливаются странами, на территории которых предполагается эксплуатация авиатехники.

2) Экологические нормы, устанавливаемые международными организациями – прежде всего, Международной организацией гражданской авиации, ИКАО (ICAO, International Civil Aviation Organization). В свою очередь, они регламентируют следующие группы экологических характеристик:

- шум на местности;
- эмиссию вредных веществ (продуктов сгорания авиатоплива).

Соответствие данного типа воздушных судов или авиадвигателей описанным стандартам и нормам проверяется в ходе *сертификации*, т.е. процедуры подтверждения соответствия продукции нормам. Она включает в себя как испытания (летные, наземные), так и моделирование, расчеты и т.д.¹

¹ Подробнее см. гл. 4 и книгу Мазурский М.И., Меерович Г.Ш., Степаненко А.Н. Сертификационные испытания самолетов: монография / М.: Машиностроение, 1993 - 159 с.

Как связаны качество и экономическая эффективность продукции с ее конкурентоспособностью? Продукт удастся продать на свободном конкурентном рынке (т.е. он будет конкурентоспособным), если его экономическая эффективность хотя бы для некоторых потребителей будет выше экономической эффективности продукции конкурентов. Эта часть потребителей и составит долю рынка данного производителя. Взаимосвязь понятий качества, надежности, экономической эффективности и конкурентоспособности применительно к авиатехнике схематично изображена на рис. 2.1.

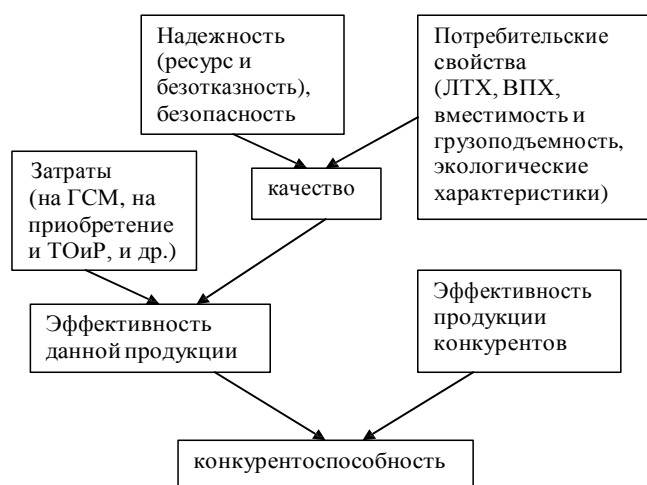


Рис. 2.1. Взаимосвязь качества, надежности, эффективности и конкурентоспособности авиатехники

Для того, чтобы обоснованно сравнивать продукцию конкурирующих производителей, необходимы объективные количественные критерии экономической эффективности, позволяющие «свернуть» подчас противоречивые показатели качества и затрат.

Структура рынка гражданских самолетов является достаточно устойчивой, и подавляющее большинство как современных, так и перспективных изделий укладываются в стандартную классификацию. Поэтому наиболее часто возникает задача сравнения экономической эффективности (т.е. оценки конкурентоспособности) воздушных судов одного класса. Как правило, они обладают близкими (различающимися на несколько процентов, в крайних случаях – на десятки процентов, но не в несколько раз или, тем более, на порядки) значениями пассажироместности, дальности полета, крейсерской скорости, взлетно-посадочными характеристиками. Если они, к тому же, удовлетворяют одинаковым нормам летной годности, экологическим и др. стандартам, тогда эти воздушные суда без ограничений могут применяться на одних и тех же маршрутах, и обладают близкими значениями производительности (т.е. выполняют в единицу времени приблизительно равную транспортную работу). Поскольку результат их применения по назначению одинаков (или, по крайней мере, сопоставим), различие экономической эффективности может объясняться только различием

затрат. Поэтому при сравнении изделий одного класса используются т.н. «затратные» критерии эффективности – наиболее популярные и простые в применении. Для сравнения воздушных судов одного класса часто используется *стоимость летного часа* $c_{\text{час}}$, если за этот час оба самолета выполняют одинаковую транспортную работу, т.е. обеспечивают одинаковый результат применения. Если же они незначительно различаются пассажироместимостью и крейсерской скоростью полета¹, для сопоставимости можно привести затраты к пассажиро-километру:

$$c_{\text{пкм}} = \frac{c_{\text{час}}}{m \times v \times k},$$

где m – пассажироместимость;

v – рейсовая скорость;

k – коэффициент заполнения кресел.

Стоимость летного часа включает в себя все статьи прямых эксплуатационных расходов (ПЭР) авиакомпании – амортизацию воздушного судна (либо, лизинговые платежи), затраты на ГСМ, ТОиР, оплату труда экипажа, сборы за услуги аэропортов и служб УВД, и т.п.², – приведенные к одному летному часу воздушного судна.

Аналогичным образом сравнивают экономическую эффективность авиадвигателей одного класса тяги. Если авиадвигатели конкурирующих производителей предназначены для установки на воздушные суда одного класса (а нередко предусмотрена возможность установки на воздушное судно авиадвигателей конкурирующих производителей), удовлетворяют одинаковым экологическим нормам и нормам летной годности, различия в их экономической эффективности могут быть вызваны только различным уровнем общей стоимости владения. В этом случае для оценки экономической эффективности и конкурентоспособности авиадвигателей традиционно применяется критерий «условная стоимость летного часа авиадвигателя» (УСтЧ)³, вычисляемый по следующей формуле:

$$\text{УСтЧ} = \frac{P_{\text{дв}} (1 + K_{\text{зап}})}{T_{\text{назн}}} + \frac{C_{\text{кр}}}{T_{\text{рем}}} + c_{\text{ТО}} + q_{\text{час}} \cdot p_{\text{мон}},$$

где $P_{\text{дв}}$ – цена нового авиадвигателя данного типа,

$T_{\text{назн}}$ – назначенный ресурс (в летных часах),

¹ Различие должно быть именно незначительным – например, эффективность перевозок сверхзвуковым самолетом уже придется оценивать с учетом более высокой скорости, и сопоставлять одни лишь пассажиро-километры будет некорректно.

² Подробнее см. *Костромина Е.В. Экономика авиакомпании в условиях рынка / М.: НОУ ВКШ “Авиабизнес”, 2002 – 304с.*

³ Подробнее см. *Долгополов И.Н. Разработка методов согласованного управления безотказностью авиадвигателей и ресурсом их элементов // дисс. ... канд. тех. наук, 05.07.05. М., ЦИАМ, 2001 – 135с.*

- $C_{кр}$ – средняя стоимость капитального ремонта,
 $T_{рем}$ – средний межремонтный ресурс,
 $c_{ТО}$ – средняя стоимость текущего ТО и мониторинга состояния авиадвигателей, в расчете на летный час одного двигателя,
 $q_{час}$ – средний часовой расход топлива,
 $p_{мон}$ – цена тонны топлива,
 $K_{зап}$ – нормативное соотношение потребного количества запасных авиадвигателей и числа штатных авиадвигателей, определяемое по следующей формуле:

$$K_{зап} = \frac{t_{рем}}{365 \cdot T_{рем}} \cdot \eta.$$

В реальности экономическая эффективность является многокритериальной категорией, индивидуальной для различных потенциальных заказчиков. Так, например, оценка затрат на ТОиР осложняется множеством индивидуальных факторов – наличием либо отсутствием распределенной ремонтной инфраструктуры, складов запасных частей, доступностью ряда современных услуг послепродажной поддержки и т.д.¹ Даже затраты на ГСМ существенно зависят от структуры маршрутной сети, обслуживаемой данной авиакомпанией, закупочной политики и т.п.

Чтобы можно было сопоставлять затраты, результаты также должны быть сопоставимыми. Поэтому любые «затратные» критерии служат исключительно для сравнения конкурирующих изделий одного класса – например, самолетов с близкими характеристиками вместимости и дальности полета; авиадвигателей с близкими значениями тяги, предназначенных для установки на воздушные суда одного типа, и т.п. Для сравнения изделий, обладающих существенно различными потребительскими свойствами (и, следовательно, обеспечивающих различные результаты использования), необходимо использовать – а нередко и разрабатывать заново – более общие критерии сравнения, выходящие за рамки традиционного «затратного» подхода. Для авиадвигателей такие критерии обязательно должны включать в себя и характеристики воздушных судов, неизбежно изменяющиеся при установке авиадвигателей другого класса – например, дальность, полезную нагрузку, скорость, взлетно-посадочные характеристики, и др. Таким образом, сравнение экономической эффективности авиадвигателей различного класса уже выходит за рамки анализа эффективности продукции авиационного двигателестроения.

¹ Подробнее см., например,

Клочков В.В. Стратегия обеспечения готовности парка авиадвигателей с использованием краткосрочного лизинга // Организатор производства, № 2, 2004, с. 37-42.

Клочков В.В. Организация сети территориальных центров технического обслуживания и ремонта авиадвигателей // Организатор производства, № 4, 2004, с. 78-83.

Клочков В.В. Организация интегрированной логистической поддержки эксплуатации и ремонта авиадвигателей // Авиакосмическая техника и технология, № 4, 2005, с. 52-60.

По объективным техническим причинам дальнемагистральные воздушные суда, как правило, обладают большим расходом топлива в расчете на пассажиро-километр, чем среднемагистральные (поскольку топливо необходимо в т.ч. и для того, чтобы везти объем топлива, рассчитанный на дальний рейс), и требуют больших эксплуатационных затрат. Аналогично сказывается на стоимости перевозок улучшение взлетно-посадочных характеристик воздушных судов. Однако неверно сопоставлять лишь по стоимости пассажиро-километра воздушные суда, которые существенно отличаются дальностью полета или взлетно-посадочными характеристиками, поскольку при этом на определенных маршрутах какие-то изделия вообще не могут применяться, а увеличенная дальность или улучшенные ВПХ расширяют область применения воздушного судна. Это, в принципе, позволяет авиакомпаниям получать дополнительный доход от обслуживания новых авиалиний.

Также, как правило, самолеты большей вместимости выигрывают по удельному расходу топлива и затратам на кресло-километр у более легких. Однако это еще не означает, что широкофюзеляжный самолет заведомо эффективнее, чем, например, региональный самолет гораздо меньшей вместимости. На данной авиалинии пассажиропоток может быть недостаточным для его эффективной загрузки, и хотя затраты в расчете на кресло-километр у самолета большой вместимости будут ниже, но стоимость пассажиро-километра при малом коэффициенте заполнения салона окажется существенно дороже.

Иной пример: сегодня сверхзвуковые пассажирские самолеты по объективным техническим причинам требуют заметно больших затрат в расчете на пассажиро-километр, чем традиционные дозвуковые. Однако сравнивать одни лишь затраты дозвукового и сверхзвукового самолетов в расчете на пасс.-км. некорректно, поскольку, несмотря на формальное равенство, эти «пассажиро-километры» представляют собой разную по качеству транспортную работу. Пассажир, помимо стоимости поездки, учитывает и ее длительность, и вполне могут найтись столь состоятельные пассажиры, что для них выигрыш в скорости (во времени путешествия в целом) оправдывает дороговизну и риск сверхзвуковых полетов¹.

Во всех этих случаях необходимо сравнивать уже не затраты (тем более, удельные, на летный час или пассажиро-километр), а более комплексные показатели. Для коммерческих авиакомпаний основным критерием является прибыль, и необходимо сравнивать прибыли, которые могла бы получить авиакомпания, используя те или иные воздушные суда на определенных авиалиниях.

¹ Впрочем, на практике даже в самых экономически развитых зарубежных странах таких пассажиров оказалось немного (как показал опыт эксплуатации англо-французских самолетов «Конкорд»), в т.ч. и потому, что реальный выигрыш сверхзвуковых самолетов в рейсовой (а не крейсерской) скорости перед дозвуковыми оказался невелик.

2.1.3. Резервы повышения конкурентоспособности гражданской авиатехники российского производства

Обеспечение конкурентоспособности продукции является одной из главных проблем российского гражданского авиастроения. Жизненно важно ответить на следующие вопросы:

- что именно послужило причиной низкой конкурентоспособности отечественной авиатехники в начале 1990-х гг., когда был открыт для зарубежных производителей российский рынок?
- как обеспечить конкурентоспособность перспективных российских воздушных судов и авиадвигателей, которые разрабатываются либо выйдут на рынки в настоящее время?

Попробуем ответить на эти вопросы, пользуясь только что изученными методами и подходами. В табл. 2.1, составленной по информации производителей, приведены значения основных технико-экономических параметров некоторых российских и зарубежных ближне- и среднемагистральных самолетов:

- современных среднемагистральных самолетов Boeing-737 и А-320, выпускаемых, соответственно, американской компанией Boeing и европейским консорциумом Airbus Industry;
- советских самолетов Як-42Д и Ту-154М;
- современного российского самолета Ту-204, разработанного в конце 1980-х гг.

Кроме того, в таблице приведены проектные характеристики перспективного российского среднемагистрального самолета МС-21 (Магистральный Самолет 21-го века). Его выход на рынок намечен на 2015-2016 гг. Рассматриваются две модификации МС-21, создаваемые для двух сегментов рынка авиатехники:

- МС-21-100, призванный заменить Як-42 и конкурирующий в сегменте воздушных судов пассажироместимостью 110-130 мест с Boeing-737;
- МС-21-300, призванный заменить Ту-154 и конкурирующий в сегменте воздушных судов пассажироместимостью 150-170 мест с А-320.

В приведенных данных следует отметить, что сильное влияние на позиции российских самолетов оказывают характеристики двигателей. В показателях часового расхода авиатоплива отражен многолетний перекося отечественной конструкторской школы в сторону оборонной продукции, пользующейся стабильным спросом на мировом рынке вооружений. В результате наблюдается разрыв поколений в создании современных авиадвигателей гражданского назначения, в том числе в самом «рыночном» типоразмере двигателей – с характерными значениями взлетной тяги 10-20 тс. При этом важно отметить, что неизменно высокие аэродинамические качества планеров отечественных самолетов соответствуют мировому уровню.

Таблица 2.1

Основные технико-экономические характеристики современных и перспективных среднемагистральных самолетов

Тип самолета	МС-21-100	Б-737-600	Як-42Д	МС-21-300	А-320	Ту-154М	Ту-204-300
пассажировместимость, мест	132	123	120	168	164	166	162
крейсерская скорость, км/ч	850	850	700	850	835	820	830
цена нового самолета, \$млн.	26,6	50	10,4	35,1	54,4	10,5	27
назначенный ресурс, л.ч.	80000	51000	30000	80000	60000	45000	60000
часовая ставка амортизации, \$/л.ч.	333	980	347	439	907	233	450
трудоемкость ТОиР, чел.*ч./л.ч.	3	2	5	3	2	7	4
часовые затраты на ТОиР, \$/л.ч.	300	200	500	300	200	700	400
средний расход топлива, т/л.ч.	2,2	2,3	2,9	2,4	2,7	4,6	3,5
часовые затраты на топливо, \$/л.ч.	1320	1380	1740	1440	1620	2760	2100
операционные затраты, \$/л.ч.	1620	1580	2240	1740	1820	3460	2500
стоимость летного часа, \$/л.ч.	1953	2560	2587	2179	2727	3693	2950
стоимость пассажира-километра, \$/пасс.-км	0,017	0,024	0,031	0,015	0,020	0,027	0,022

Все перечисленные типы воздушных судов относятся к одному классу и могут выполнять сопоставимую транспортную работу. Однако, поскольку рассматриваемые воздушные суда несколько отличаются пассажироместимостью и крейсерской скоростью, их корректнее сравнивать не по стоимости летного часа, а по критерию стоимости пассажиро-километра (точнее, кресло-километра). Для простоты оценок предположим, что прямые эксплуатационные расходы включают в себя, прежде всего, амортизацию воздушного судна, затраты на ГСМ и ТОиР. В расчетах средняя стоимость нормо-часа ТОиР принята равной \$100/чел.·ч., а средняя цена топлива – \$600/т (что соответствовало, скорее, середине 2000-х гг. – к концу десятилетия цена тонны авиатоплива даже в крупных аэропортах европейской части России приближалась к 1000 долл./т).

Сравнение показывает, что по себестоимости летного часа и пассажиро-километра Ту-204 практически не уступает современным ему зарубежным аналогам. Аналогичный результат дает сопоставление технико-экономических характеристик авиадвигателей семейства ПС-90¹ и их зарубежных аналогов. В целом, по своим потребительским свойствам отечественные авиадвигатели, разработанные в конце 1980-х гг., не уступали своим зарубежным конкурентам, см. табл. 2.2².

Таблица 2.2

Сравнение расходных, тяговых и весовых характеристик современных российских и зарубежных авиадвигателей гражданского назначения

Название авиадвигателя / предприятие-производитель, страна	ПС-90А / ПМЗ, Россия	RB211-535E4 / Rolls – Royce, Великобритания	Д-436Т1 / ЗМКБ “Прогресс”, Украина; ММП “Салют”, Россия	BR710-48 / BMW, Германия; Rolls – Royce, Великобритания
Тяга на взлетном режиме, кгс	16 000	17 800	7 570	6 980
Тяга на крейсерском режиме, тс	3 500	3 850	1 588	1 588
Удельный расход топлива на крейсерском режиме, кг/кгс*ч	0,595	0,62	0,634	0,640
Сухая масса, кг	2 950	3 295	1 450	1 818
Удельная тяга, кгс/кг (на взлетном режиме)	5,42	5,40	5,22	3,84

¹ Помимо среднемагистральных самолетов семейства Ту-204/214, они устанавливаются также на российские дальнемагистральные самолеты семейства Ил-96.

² Составлена по данным производителей (www.avid.ru, www.geae.com, www.pratt-whitney.com, www.rolls-royce.com, www.ivchenko-progress.com)

В табл. 2.3 приведены исходные данные¹ и результаты оценки условной стоимости летного часа российского авиадвигателя гражданского назначения ПС-90А и его распространенного зарубежного аналога. Оба авиадвигателя, в принципе, можно считать прямыми конкурентами – в частности, они могут устанавливаться на пассажирских самолетах семейства Ту-204/214.

Таблица 2.3

Условные стоимости летного часа авиадвигателей ПС-90А и RB211-535E4
(компания Rolls – Royce, Великобритания)

Показатель	ПС-90А	RB211-535E4
$P_{ов}$, млн. долл.	3,2	6
$T_{назн}$, л.ч.	30000	45000
$C_{КР}$, млн. долл.	принята равной 0,25 стоимости нового авиадвигателя	
$T_{рем}$, л.ч.	7000	10000
$c_{ТО}$, долл./л.ч.	7	5
$q_{час}$, кг/л.ч. (на Ту-204)	1827	1787
$p_{топ}$, долл./т	принята равной 300	
длительность ремонта, сут.	120	60
годовой налет, л.ч./Г	принят равным 3000	
$УСтЧ$, долл./л.ч.	$107*1,14 + 114 + 7 + 548 =$ 791	$133*1,05 + 150 + 5 + 536 =$ 831

Из последней таблицы видно, что по критерию условной стоимости часа российские авиадвигатели, по меньшей мере, не уступали конкурирующим образцам соответствующего поколения. Несмотря на это, заинтересованность авиакомпаний в их приобретении (и в приобретении оснащенных ими воздушных судов) чрезвычайно низка². В чем же причина? Вспомним, что, помимо экономических соображений, на конкурентоспособность влияет соответствие продукции принятым на данном рынке стандартам. Широко известно, что эксплуатации отечественных авиадвигателей гражданского назначения на международных авиалиниях препятствовали ограничения по шуму и выбросам вредных веществ. К настоящему времени отечественные предприятия успешно привели экологические параметры современных авиадвигателей в соответствие международным нормам³. Несмотря на это,

¹ См. www.avid.ru, www.rolls-royce.com

² См. Карнозов В. “Сибирь” отказывается от отечественной техники // сайт www.aviaport.ru, 02.02.2006;

Фетисов А. Сравнение эксплуатационной экономики Ил-96-300 и Boeing-767-300 на опыте «Аэрофлота» // Авиатранспортное обозрение, № 4, 2006, С. 26–29.

Фетисов М. Кандидаты на вылет // приложение к газете «Коммерсант», 28.11.2006.

³ См. Дмитриев В.Г., Мунин А.Г. Экологические проблемы гражданской авиации // Аэрокосмический курьер, № 2, 2003, С. 15–17.

фактическая конкурентоспособность российской гражданской авиатехники данного поколения осталась низкой – главным образом, из-за низкой надежности на ранних стадиях эксплуатации, недостаточно развитой системы сервиса и логистического обеспечения. Следует анализировать эффективность не изделий как таковых (самолетов, авиадвигателей и т.п.), но систем, включающих в себя определенный парк авиатехники, эксплуатируемый в конкретных условиях, а также сервисную и логистическую инфраструктуру. Традиционно было принято считать, что меньшая надежность отечественных изделий успешно компенсируется их более низкой ценой, что и вытекает из критерия УСтЧ. Тем не менее, это не так. Если, например, отечественные авиадвигатели имеют меньшие сроки службы и наработки на сьем, их конкурентоспособность еще не обеспечивается при пропорционально меньшей цене и стоимости ремонта. Причина состоит в том, что каждый сьем авиадвигателя сопряжен с потерями из-за простоя воздушного судна, с издержками установки сменного авиадвигателя – собственного или арендованного, и т.п. Меньшие наработки на сьем неизбежно увеличивают потоки

этих затрат. Таким образом, более низкие цены¹ не компенсируют меньшей к потере рынка многими российскими предприятиями не только авиастроительной, но и многих других наукоемких отраслей. В итоге, сегодня в российском небе уже преобладают самолеты иностранного производства.

В гл. 1 показано, что при штучном производстве себестоимость авиатехники может быть многократно выше, чем при массовом (характерные объемы – от 200 региональных самолетов Embraer до 450 магистральных самолетов Boeing и Airbus ежегодно). Кроме того, малая численность парка в эксплуатации приводит к существенному удорожанию ТОиР и делает менее эффективным создание производителем современной сервисной инфраструктуры. Например, если строить глобальную сеть сервисных центров и складов запчастей в расчете на 10 или даже 100 самолетов, именно на это число изделий распределяются соответствующие постоянные затраты (и уплачивать их, в конечном счете, придется потребителям), в то время как у конкурентов – на несколько тысяч. Связанные с малочисленностью

Волков С. К свободному полету над Европой // Двигатель, № 2, 2002.

Скибин В., Волков С. Выбросы вредных веществ от авиационных двигателей // Аэрокосмический курьер, № 2, 2003, С. 18–19.

¹ Кроме того, традиционное преимущество российских изделий – дешевизна – исчезает по причине резкого сокращения объемов выпуска, и, как следствие, роста средних постоянных затрат авиастроительных предприятий.

современных отечественных ВС проблемы экономики эксплуатации и обслуживания не способствуют попыткам авиаэксплуатантов развернуть их коммерчески прибыльное использование. Необходимо разорвать этот замкнутый круг. Освоение в России современной триады базовых технологий авиастроения (композитные материалы, надежные двигатели и авионика) имеет смысл только при восстановлении того, что в мире называется «серийное производство авиатехники». Если российское авиастроение не сможет этого сделать в ближайшие годы, оно резко сократит свои шансы на выживание, так как рынок будет занят.

2.1.4. Проблемы освоения новых рынков авиатехники

Для осуществления прорыва на новые или утраченные рынки российской авиапромышленности недостаточно предложить продукт, лишь сравнимый по экономической эффективности с продукцией лидеров мирового авиастроения. В активе зарубежных авиастроительных компаний – тысячи воздушных судов и авиадвигателей, успешно эксплуатируемых во всем мире на протяжении многих лет; авторитет, накопленный благодаря высокому качеству изделий и предоставляемых по миру сервисных услуг. Авиакомпании, эксплуатирующие зарубежную авиатехнику, уже располагают опытом эксплуатации, подготовленным персоналом, налаженными связями с производителями и ремонтными предприятиями, возможно – специализированными средствами их диагностики и обслуживания, и т.п. Эти факторы получают определенную экономическую оценку и играют важную роль в принятии решений о закупке авиатехники того или иного производителя. Отечественное гражданское авиастроение, изделия которого составляли в 1980-х гг. до 25 % провозных мощностей мировой гражданской авиации, имело подобные конкурентные преимущества на целом ряде зарубежных рынков, но в настоящее время они практически утрачены. Фактически, российское авиастроение уступило зарубежным компаниям даже внутренний рынок.

Таким образом, преимущество новых российских самолетов перед зарубежными аналогами должно быть достаточным, чтобы оправдать отказ авиакомпаний от уже ставшей привычной авиатехники американского или западноевропейского производства. Новые изделия, обладающие таким преимуществом и способные обеспечить прорыв на рынки, занятые конкурентами, называют *прорывными*. Если уровень требований к перспективным продуктам, заложенный в проекте, окажется недостаточно обоснованным, ожидания российских авиастроителей относительно входа на новые рынки и возвращения на утраченные рынки могут не оправдаться, несмотря на значительные затраты ресурсов самих предприятий и государства на финансирование «прорывных» проектов.

Для эксплуатанта очень важно повышение экономической эффективности самолета за счет сокращения расхода топлива и в целом за счет снижения эксплуатационных расходов. Кроме того, сегодня становится чрезвычайно актуальным уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. В последние десятилетия происходит регулярное ужесточение международных норм на допустимые авиационный шум и эмиссию вредных веществ самолетов гражданской авиации¹. По этим критериям для самолетов будущих поколений предлагаются революционные решения: снижение эмиссии отдельных видов вредных веществ на 50-80 %, снижение уровня шума, как внешнего (для окружающих), так и внутреннего (в кабине) порядка -10 дБ. В области эмиссии вредных веществ по предварительным планам Международной организации гражданской авиации (ИКАО) в 2016 и 2026 гг. выбросы NOx должны быть снижены по отношению к нормам 2008 г. соответственно на 45 % и 65 %. Ужесточение норм по шуму связано с дефицитом земли в густонаселенных регионах, особенно, вблизи городов. Высокий уровень шума ограничивает использование прилегающей к аэропорту территории и снижает стоимость земли. При создании новых изделий необходимо ориентироваться не на нынешний (уже весьма жесткий), а на перспективный уровень экологических требований. В то же время, необходимо помнить, что создание даже очень совершенных, экологически чистых, но при этом слишком дорогих самолетов резко ограничит их сбыт. Таким образом, для выхода на новые рынки необходимо удовлетворить все более жестким, и нередко противоречивым требованиям к стоимости, эксплуатационной экономичности, экологическим параметрам авиатехники.

Обоснован следующий экономический критерий достижения качественного превосходства нового типа изделий над старым²:

«Новый тип изделий можно относить к качественно новому поколению (а предыдущее поколение, соответственно, считать морально устаревшим), если в момент его появления на рынке эксплуатирующим организациям выгодно вывести из эксплуатации старые изделия, даже если их ресурс не выработан до конца».

Определим условия выполнения предлагаемого критерия более конкретным образом. Показателем экономической эффективности пассажирских самолетов можно считать эксплуатационные затраты в расчете на

¹ Подробнее см. *Дмитриев В.Г., Мунин А.Г.* Экологические проблемы гражданской авиации // *Аэрокосмический курьер*, № 2, 2003, С. 15–17.

Волков С. К свободному полету над Европой // *Двигатель*, № 2, 2002.

Скибин В., Волков С. Выбросы вредных веществ от авиационных двигателей // *Аэрокосмический курьер*, № 2, 2003, С. 18–19.

² Подробнее см. *Клочков В.В.* Управление инновационным развитием гражданского авиастроения / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 – 280 с.

Клочков В.В., Гусманов Т.М. Проблемы прогнозирования спроса на перспективные пассажирские самолеты российского производства // *Проблемы прогнозирования*, № 2, 2007, с. 16-31.

летный час самолета или на пассажиро-километр. Стоимость летного часа воздушного судна можно упрощенно представить следующим образом:

$$c_{\text{час}} = c_{\text{ам}} + c_{\text{опер}}, \quad (2.1)$$

где $c_{\text{ам}}$ – средняя ставка амортизации в расчете на летный час, определяемая как отношение цены самолета P к его назначенному ресурсу T , выраженному в летных часах;

$c_{\text{опе}}$ – текущие *операционные затраты* на летный час. Они складываются, прежде всего, из затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ), а также на техническое обслуживание и ремонт:

$$c_{\text{опер}} = c_{\text{ТОиР}} + g \cdot p_{\text{ГСМ}}, \quad (2.2)$$

где $c_{\text{ТОиР}}$ – средние затраты на ТОиР в расчете на летный час;

$c_{\text{ТОиР}}$

g – удельный расход топлива, тонн на летный час;

$p_{\text{ГСМ}}$ – цена тонны авиатоплива.

При сравнении воздушных судов, имеющих различную пассажироместимость и крейсерскую скорость полета, необходимо привести затраты к одному пассажиро-километру, или, вернее, к кресло-километру (поскольку заполняемость кресел может быть неполной):

$$c_{\text{ккм}} = \frac{c_{\text{час}}}{m \cdot v},$$

где m – пассажироместимость воздушного судна;

v – крейсерская скорость, км/ч.

Разумеется, в реальных расчетах, помимо затрат на ГСМ и ТОиР, в составе операционных издержек необходимо учитывать оплату труда экипажа, аэропортовые сборы и т.д.

Авиакомпания может принять одно из двух альтернативных решений. Либо старое изделие эксплуатируется до полной выработки ресурса, и лишь затем заменяется изделием нового типа, либо оно списывается и заменяется немедленно при появлении на рынке нового поколения авиатехники. Списывая воздушное судно в момент появления на рынке нового типа изделий, авиакомпания несет дополнительные затраты. При наличии исправного воздушного судна, которое еще можно было эксплуатировать в течение $\Delta T^{\text{стар}}$ летных часов, авиакомпания приобретает самолет нового типа, часовая ставка амортизации которого составляет $c_{\text{ам}}^{\text{нов}}$. Таким образом, дополнительные затраты на приобретение “лишней” авиатехники за указанный период составят $\Delta T^{\text{стар}} * c_{\text{ам}}^{\text{нов}}$. В то же время, самолет нового типа, как правило, обладает более низким расходом топлива, а также большей периодичностью и меньшей трудоемкостью ТОиР. Поэтому, если бы эксплуатация старого воздушного судна продолжалась до полной выра-

ботки ресурса, потери вследствие более высокого уровня операционных затрат составили бы $(c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}) \cdot \Delta T^{\text{стар}}$, где $c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$, $c_{\text{опер}}^{\text{нов}}$ – операционные затраты самолетов, соответственно, старого и нового типов. Следовательно, для принятия решения о списании старой авиатехники либо о продолжении ее эксплуатации до полного исчерпания ресурса необходимо соотнести величины затрат и потерь в обоих случаях. Если выполняется неравенство

$$\Delta T^{\text{стар}} \cdot c_{\text{ам}}^{\text{нов}} < (c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}) \cdot \Delta T^{\text{стар}},$$

старое воздушное судно целесообразно списать, несмотря на неполную выработку ресурса, сразу после появления возможности приобрести авиатехнику нового типа. Полученное неравенство означает, что часовая ставка амортизации изделий нового типа ниже разницы операционных затрат:

$$c_{\text{ам}}^{\text{нов}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}}. \quad (2.3)$$

Иначе говоря, полная стоимость летного часа нового типа изделий (включая амортизацию) должна быть ниже операционных затрат изделий старого поколения¹:

$$c_{\text{час}}^{\text{нов}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}}. \quad (2.4)$$

Необходимо проанализировать, является ли, с точки зрения предложенного критерия, прорывным такой перспективный продукт российской авиапромышленности, как МС-21? Не только к моменту выхода самолетов семейства МС-21 на рынки, т.е., к 2015..2016 гг., но уже сейчас в парках многих потенциальных заказчиков в массовом порядке эксплуатируются, в основном, зарубежные самолеты семейств А-320 и Боинг-737. Суммарные эксплуатационные затраты перспективных российских самолетов существенно ниже, чем у конкурентов, т.е., они конкурентоспособны. Однако необходимо проверить выполнение условия (2.3). Будут ли владельцы зарубежных самолетов А-320 и Боинг-737 заинтересованы в их ускоренной замене на новые изделия российской авиапромышленности, т.е., удастся ли осуществить прорыв на занятые конкурентами рынки? Часовые ставки амортизации самолетов МС-21 составляют, в зависимости от модификации, \$333...439/л.ч. При этом преимущество МС-21 в операционных затратах перед самолетами А-320 и Боинг-737-600 составляет, в лучшем случае, лишь \$80...100/л.ч. Т.е., условие (2.3) не выполняется при тех – вполне реалистичных – значениях цен на авиатопливо и ставок оплаты ТОиР, что приняты в табл. 2.1. Таким образом, можно с большой долей уверенности полагать, что авиакомпании, эксплуатирующие современную западную авиатехнику, не будут заинтересованы в ее замене на самолеты семейства

¹ Разумеется, целесообразность досрочного списания имеющейся авиатехники определяется индивидуально для каждой авиакомпании, поскольку для разных заказчиков цены, входящие в неравенство (2.3), могут существенно различаться.

МС-21 до полной выработки ресурса. Добавим к этому необходимость довести качество и доступность сервиса до уровня конкурентов. Пока также нет оснований полагать, что рынку будет достаточно быстро предложено необходимое количество новых отечественных самолетов (а фактор серийности, как показано выше, критически важен для обеспечения конкурентоспособности). Поэтому опасения отечественных авиастроителей по поводу потери российского рынка вследствие массового импорта зарубежной авиатехники более чем обоснованны.

Как известно, возможность приобрести на вторичном рынке самолеты А-320 и Боинг-737 вызвала массовый отказ авиакомпаний России и стран СНГ от советских самолетов поколения Ту-154М, несмотря на то, что их эксплуатацию еще можно было продолжать. Этот процесс наблюдается не только на международных авиалиниях, где его можно объяснить действием экологических ограничений, но и на внутренних. Основной причиной является гораздо более низкий уровень операционных затрат на эксплуатацию зарубежной авиатехники. Причем, у зарубежных конкурентов существенно ниже обе основные составляющие операционных издержек – и топливные затраты (за счет существенно лучших показателей расхода топлива), и фактические затраты на ТОиР (за счет высокой надежности и развитой системы сервиса). Как следует из табл. 2.1, преимущество А-320 перед Ту-154М в уровне операционных затрат составляет \$1640/л.ч., что почти вдвое больше часовой ставки амортизации А-320 (\$907/л.ч.). Таким образом, в этом сегменте рынка самолетов условие (2.3) выполняется. При этом, как показывает расчет, даже действующие импортные пошлины, которые увеличивают часовые ставки амортизации зарубежных самолетов на 42%, не являются запретительными для российских авиакомпаний, и не устраняют их заинтересованности в приобретении импортной авиатехники на вторичном рынке взамен советских самолетов поколения Ту-154М. Следовательно, даже бывшая в употреблении зарубежная авиатехника поколения А-320 и Боинг-737 Classic явилась “прорывной” на рынках, традиционных для отечественной авиапромышленности, и описанный выше критерий является хотя и жестким, но реалистичным.

Однако примеры достижения качественного превосходства новых типов изделий над старыми в прошлом еще не гарантируют, что такие возможности сохранятся и в будущем – и это создает угрозу развитию российского авиастроения, которому предстоит вернуться на рынки, занятые конкурентами. Возможно ли «зеркальное» повторение ситуации замены самолетов поколения Ту-154 самолетами А-320 и Boeing-737?

Как правило, динамику развития технологий можно описать так называемой *S-образной кривой*, см. рис. 2.2.

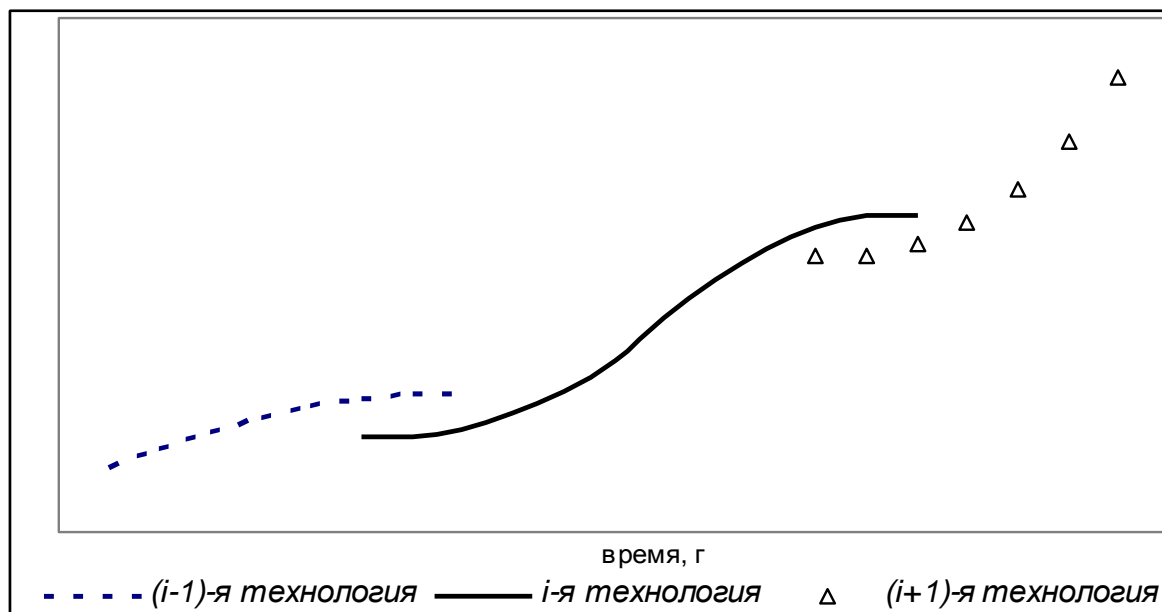


Рис. 2.2. Характерная динамика развития новых технологий

Разумеется, S-образные кривые являются лишь простейшей моделью процесса развития технологий. В реальности этот процесс является ступенчатым, а не непрерывным, как на рис. 2.2, и обладает иными сложными особенностями. Однако эта простая модель адекватно отражает следующие качественные эффекты. На начальном этапе развития новой технологии, ее эффективность невелика (нередко даже по сравнению с существующими технологиями – тогда имеет место т.н. *технологический разрыв*, ясно видимый на рис. 2.2), и повышается медленно. Затем, по мере накопления знаний и опыта, начинается бурное развитие данной технологии, в ходе которого ее эффективность радикально возрастает при относительно небольших затратах, и новая технология вытесняет старые. И, наконец, эффективность технологии приближается к пределам, обусловленным законами природы. При этом даже минимальное повышение эффективности требует все больших затрат и, в конце концов, становится нерентабельным.

Большинство традиционных технологий в области гражданского авиастроения в настоящее время близки к исчерпанию пределов своего совершенствования, что подтверждается данными о динамике основных показателей технико-экономического совершенства гражданских самолетов и авиадвигателей в период с 1960-х по 2000-е гг. На рис. 2.3 и 2.4 представлены значения удельного расхода топлива¹ и амортизационных затрат (в расчете на пассажиро-километр) среднемагистральных пассажирских самолетов семейства Boeing-737 (США), разработанных на протяжении

¹ Основное внимание уделяется расходу топлива, поскольку топливные затраты являются важнейшей составляющей эксплуатационных затрат в гражданской авиации. Соответственно, совершенствование гражданской авиатехники идет, главным образом, по пути улучшения топливной экономичности.

нескольких последних десятилетий. Несмотря на общее наименование, в это семейство входят, фактически, изделия трех поколений. Наиболее раннее поколение, введенное в эксплуатацию в начале 1970-х гг., представлено модификацией Boeing-737-200 Advanced. Следующее поколение (737 Classic), представленное модификациями 737-300, -400 и -500, появилось на мировом рынке в середине-конце 1980-х гг. И, наконец, наиболее современное поколение (737 Next Generation), включающее в себя модификации 737-600, -700 и -800, предлагается заказчикам с конца 1990-х гг.

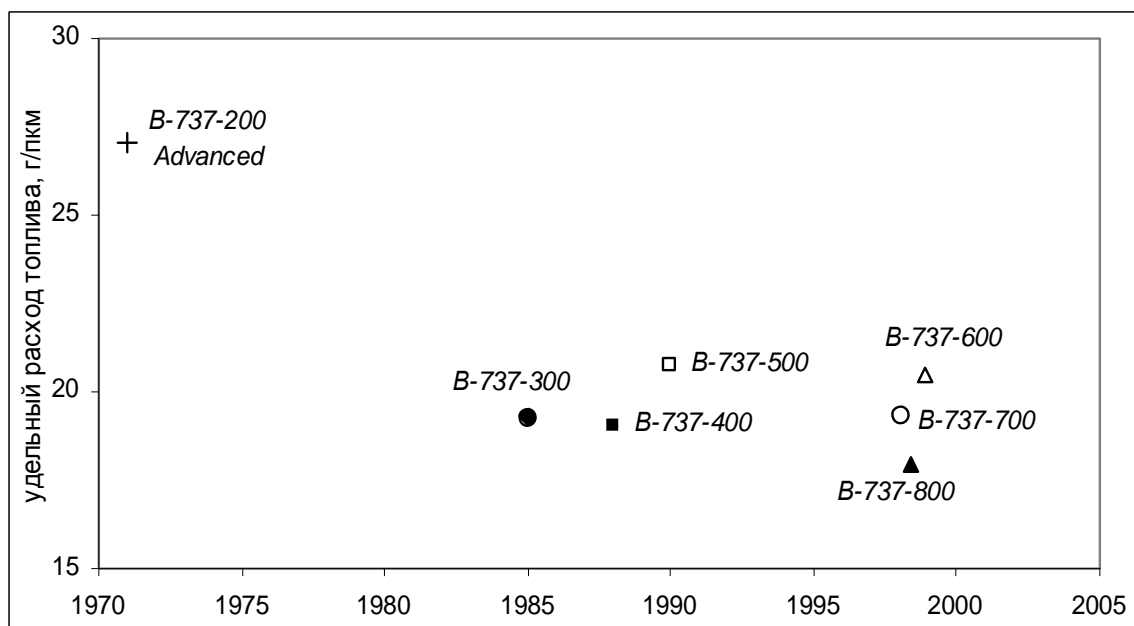


Рис. 2.3. Динамика изменения удельного расхода топлива самолетов семейства Boeing-737

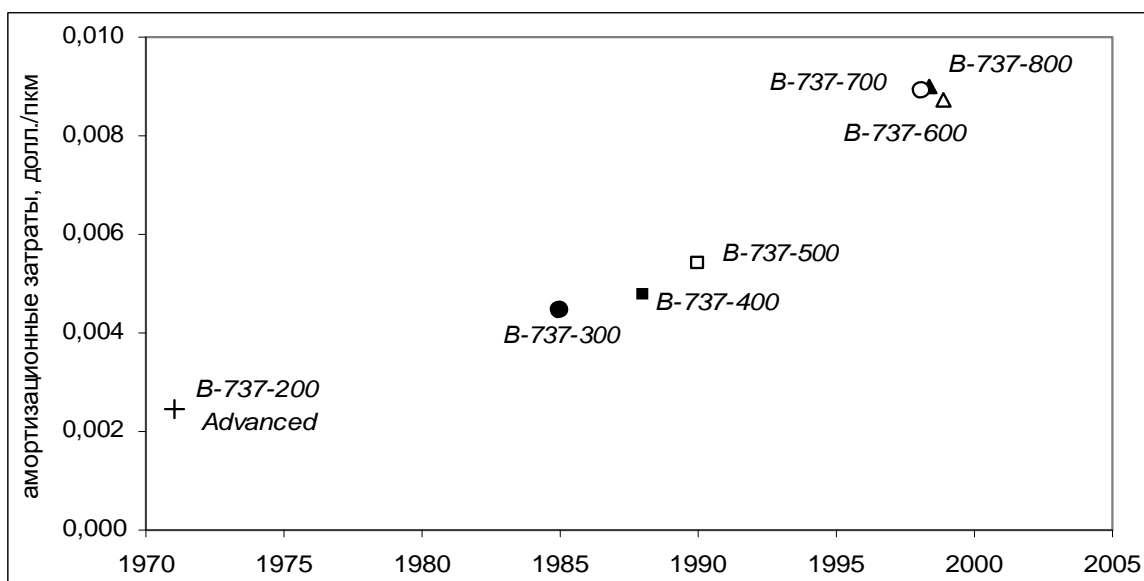


Рис.2.4. Динамика изменения ставки амортизационных затрат самолетов семейства Boeing-737

Как видно из этих рисунков, сокращение удельного расхода топлива на протяжении указанного периода происходило все более медленно. При этом повышение топливной экономичности сопровождалось прогрессирующим удорожанием самих изделий. Аналогичное поведение демонстрируют тренды большинства массогабаритных, технико-экономических, экологических и др. характеристик гражданской авиатехники¹. Следовательно, сложившаяся ситуация в сфере развития гражданской авиатехники соответствует верхнему участку S-образной кривой. Иначе говоря, создание «прорывных» типов гражданской авиатехники становится все менее вероятным (или все более затратным), по крайней мере, в рамках существующих технологий.

Ведущие научные центры авиационной промышленности выработали обширный перечень возможных инновационных конструктивно-технологических решений в сфере гражданского авиастроения². Те же решения лежат в основе долгосрочной стратегии развития гражданского авиастроения в ведущих авиационных державах мира. Так, национальный план исследований и разработок в области авиации, принятый в США в декабре 2007 г.³, предусматривает для следующего поколения воздушных судов (N+1-го, если за N-е принять современные изделия) сокращение удельного расхода топлива в среднем на 33% относительно уровня 1998 г. – в основном, за счет использования ПКМ в конструкции планера, авиадвигателей с большой степенью двухконтурности, некоторого улучшения аэродинамики, но при сохранении традиционной аэродинамической компоновки. В следующем, N+2-м поколении изделий, создание которого предполагается после 2025 г., планируется снизить удельный расход топлива уже на 40% относительно уровня 1998 г. Для этого придется отказаться от традиционной аэродинамической схемы, используя компоновки с несущим фюзеляжем, «летающее крыло» и т.п. Заметим, что планируемый прирост топливной эффективности с каждым поколением все ниже, поскольку учитывается исчерпание резервов совершенствования традиционных технологий. Гораздо более амбициозные цели ставятся применительно к N+3-му поколению, появление которого ожидается после 2035 г. Планируется сокращение удельного расхода на 70% относительно уровня 1998 г. Однако конструктивно-технологические решения, способные обеспечить такой прорыв, не конкретизируются, поскольку необходимый научно-технический задел еще только предполагается создать (подробнее см. в гл.6).

¹ Подробнее см. Commercial Aircraft Design Characteristics – Trends and Growth Projections // International Industry Working Group, January 2007, 5th Edition – 60 p.

² См. Дмитриев В.Г., Бюшгенс Г.С. О работах ЦАГИ. 1970–2000 годы и перспективы / Жуковский: ЦАГИ, 2001 – 112 с.

ЦАГИ – основные этапы научной деятельности, 1968-1993 / М.: Наука, Физматлит, 1996 – 576 с.

³ National Plan for Aeronautics Research and Development and Related Infrastructure // сайт www.nasa.gov, December 2007 – 56 p.

Как показано выше, перед российскими авиастроителями стоит трудная задача выхода на рынки, уже прочно занятые именитыми зарубежными производителями. В отрасли, в органах государственного управления и др. активно дискутируется вопрос о самой возможности такого прорыва. Разумеется, выбирать целевые сегменты следует тщательно, трезво оценивая возможности предприятий создать конкурентоспособные изделия в этих сегментах. Во многих случаях целесообразно избегать прямой конкуренции с лидерами рынка, вступать с ними в кооперацию в рамках сетевых структур, описанных в главе 1. И все же, мировой опыт показывает, что доли рынка авиатехники не распределяются раз и навсегда, и занять на нем значительную долю вполне возможно. Наиболее яркий пример – возникновение европейского авиапромышленного гиганта Airbus Industry в эпоху практически безраздельного господства американского авиастроения на западном рынке. Интересно, что в дальнейшем при жесточайшей конкуренции между двумя авиагигантами компании Airbus удавалось опережать Boeing по количеству фактически поставленных заказчикам самолетов с 2003 по 2010 г., т.е. 8 лет подряд.

В качестве более современного примера проблем выхода на рынок в сегодняшней конкурентной ситуации обратимся к гражданскому двигателестроению. Наиболее стабильным, на первый взгляд, является сегмент изделий в классе тяги 10000 фунтов (10К), где преимущество одного из производителей является подавляющим. Ниже описывается¹ «беспрецедентная» борьба за рынок двигателей в этом классе тяги для рынка бизнес-джетов, т.е. реактивных административных самолетов. Эпитет применен потому, что в этом сегменте рынка компания General Electric после победы в конкурсе двигателей для китайского регионального самолета ARJ в 2003 г. увеличила свою долю в мире до уникального уровня – 64 %. Казалось бы, конкурентов убедительно просят не беспокоиться.

«Однако с этим статусом не согласны многие, и на, казалось бы, неперспективном направлении после некоторого подготовительного перерыва неожиданно развернулось сражение между пятью конкурентами Rolls Royce, General Electric, Honeywell, Pratt и Snecma. Причину можно проследить, например, в прогнозе Rolls-Royce: до 2027 года рынок потребует до 12.000 двигателей на сумму более 200 миллиардов долларов в диапазоне 8,000–18,000-фунтов тяги.

Основной конкурент GE по гражданской авиапродукции Rolls-Royce выходит на конкурс с двухвальной схемой RB.282.

Pratt & Whitney Canada предложил PW810, обещая на 10 % лучшие расход топлива, а общий объем выбросов меньше на 50% сравнительно с сегодняшними изделиями.

¹ Цит.: Guy Norris, Aviation week, 2011

Компания Honeywell, воодушевленная победой ее продукта HTF7000 при выборе силовой установки на самолет G250 компании Gulfstream, обнародовала первоначальный план получить требуемый двигатель HTF10000 прямым масштабированием путем 25 %-го геометрического увеличения размеров HTF7000. Однако после изучения ситуации у конкурентов, новое изделие подвергнется значительным доработкам и теперь будет включать основные узлы нового поколения: вентилятор, камеру сгорания, и HP / LP турбины.

Snesta предлагает новую разработку Silvercrest, несмотря на предыдущие неудачные предложения этого двигателя для бизнес-джетов Дассо и Цессна. Основу газогенератора составляет первый для большой Snesta комбинированный компрессор с четырьмя осевыми и центробежной ступенью¹. Цели компании включают снижение расхода топлива на 15% от достигнутого.

General Electric после недавних успехов CF34-10, как и положено лидеру рынка, представила инициативу "eCore" в качестве стартовой платформы на базе развития семейства CFM56 (в развитие тематики LEAP56 и GE9x). Параллельно компания объявила о подстраховке – создании эволюционного варианта развития модели CF34 под индексом NG34, т.е. "Next Generation" с выходом на рынок около 2015 года».

Примеры ясно свидетельствуют о том, что фирмы активно ищут возможности прорыва на выгодные рыночные направления, и тратят значительные средства на опережающие исследования и разработки, чтобы предъявить на тендеры весомые аргументы в виде работающих изделий. Т.е. прорыв на рынки, занятые конкурентами, возможен, но для этого необходимо создавать действительно «прорывные» продукты.

2.1.5. Конкуренция во времени на рынках авиатехники и формирование требований к срокам создания изделий

Среди требований рынка к авиастроительным компаниям на первый план выходит уменьшение сроков разработки и освоения производства новых продуктов. К сожалению, от поколения к поколению цикл разработки самолетов становится длиннее, потому что в него вкладываются все большие технические новшества. А это также ведет к удорожанию проекта. Требование по сокращению сроков разработки весьма актуально. К счастью, есть механизмы и технологии для сокращения вложений и времени. Им будет посвящена значительная часть этой книги.

¹ Можно вспомнить, что схема с замыкающей центробежной ступенью компрессора, часто используемая в малоразмерных ГТД, для двигателей аналогичной размерности реализуется пока только в разрабатываемом Д-27 для самолета Ан-70 украинских конструкторов.

Производитель, представивший свою продукцию на рынках раньше конкурентов, приобретает ряд преимуществ:

1) существенный накопленный выпуск позволяет снизить (за счет эффекта обучения) себестоимость производства и дефектность продукции;

2) наличие большого парка изделий в эксплуатации позволяет снизить стоимость их ТОиР; кроме того, в послепродажном обслуживании, как и в серийном производстве, могут действовать эффекты обучения;

3) опыт успешной эксплуатации изделий, раньше представленных на рынке, создает положительную репутацию их производителю, которой новые участники рынка пока не обладают.

Авторитет производителя и опыт успешной эксплуатации его изделий также получают у заказчиков свою экономическую оценку – хотя и неформальную, но не менее важную, по сравнению с количественными показателями эффективности авиатехники. То, что авиатехника относится к изделиям длительного пользования, а также отмеченный в п. 2.1.4 эффект инерции при замене даже морально устаревшей авиатехники, работает в пользу производителя, традиционно присутствующего на данном рынке, и затрудняет проникновение на этот рынок конкурентов. В результате действия перечисленных выше факторов, даже если новые продукты потенциально более эффективны (т.е., например, могли бы обеспечить меньшую стоимость летного часа, при условии одновременного с конкурентами выхода на рынок), они могут вообще не выйти на рынки, уже занятые конкурентами. Этот эффект, описанный некоторыми исследователями применительно к различным отраслям, называется *эффектом блокировки*, или *запирания*¹. Из-за наличия сильных эффектов обучения и блокировки радикально возрастает роль т.н. *временной конкуренции* на рынках авиатехники. Предприятия стремятся вывести свои новые изделия на рынки раньше конкурентов, пусть даже ценой дополнительных затрат на форсирование предпроизводственных стадий ЖЦИ. В военном секторе рынка авиатехники, а также в космической сфере, такая практика является обычной, и даже может не объясняться экономическими причинами. Сокращение длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ и обеспечение лидерства страны в этих областях, как правило, являются абсолютными приоритетами по соображениям обеспечения обороноспособности или национального престижа. В этом случае ускорение создания новых изделий становится безусловной необходимостью.

Сравнить эффективность экономии средств и времени, затрачиваемых на проектирование изделий и технологическую подготовку производства, можно с помощью простейшей модели временной конкуренции.

¹ См. *Arthur Brian W. Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events // Economic Journal, 1989, № 99, pp. 116-131.*

Предположим, что в начальный момент времени ($t = 0$) запущено рабочее проектирование предназначенных для одного и того же сегмента рынка перспективных изделий двух конкурирующих предприятий – А и В. Будем считать, что к начальному моменту времени уже создан фундаментальный научный задел, необходимый для успешной разработки изделий нового поколения. Общую длительность жизненного цикла изделий данного поколения обозначим T . Предположим, что по истечении этого периода продажи данного поколения изделий практически прекратятся ввиду появления на рынке принципиально нового поколения авиатехники, обладающего существенно более высокой экономической или боевой эффективностью, принципиально лучшими экологическими характеристиками или уровнем безопасности, и т.п. Т.е., T – это, фактически, длительность ЖЦ научно-технического задела, на основе которого создается данное поколение изделий. Обозначим время до начала серийного выпуска изделий (т.е., длительность предпроизводственных стадий ЖЦИ – НИОКР, технологической подготовки производства) T_A и T_B , где $T_A < T_B$ (т.е., компания А – лидер на данном рынке). Постоянные затраты на НИОКР и подготовку серийного производства обозначим FC_A и FC_B . Суммарный рыночный спрос на изделия данного класса будем считать постоянным и равным q единиц в год. Тогда предприятие А, представившее свою продукцию на рынке раньше, в течение $(T_B - T_A)$ лет будет монополистом на этом рынке, имея возможность продавать свою продукцию по монопольной цене $p_{\text{мон}}$. К моменту появления на этом рынке изделия конкурентов, изделие А уже будет продано в количестве $Q_{\text{мон}} = q \cdot (T_B - T_A)$ единиц (допущение справедливо, хотя спрос на первом этапе производства нового продукта не удовлетворяется. Однако конкурент также будет постепенно разворачивать серию). При этом к моменту выхода на рынок изделия конкурентов, фирма А получит выручку, равную

$$R_{\text{мон}} = p_{\text{мон}} \cdot Q_{\text{мон}} = p_{\text{мон}} \cdot q \cdot (T_B - T_A),$$

и понесет переменные издержки в размере

$$VC_{\text{мон}}^A = c_{\text{мат}}^A \cdot Q_{\text{мон}} + \sum_{Q=1}^{Q_{\text{мон}}^A} c_{\text{труд}}^A(Q),$$

где

$c_{\text{мат}}^A$ – удельные материальные затраты на производство одного изделия А,

$c_{\text{труд}}^A(Q)$ – удельные трудозатраты на производство одного изделия А, при накопленном выпуске, равном Q единиц (определяется согласно кривой обучения данного предприятия).

Таким образом, к моменту выхода на рынок изделия конкурента, фирма А успеет получить следующую прибыль:

$$\Pi_{\text{мон}} = R_{\text{мон}} - VC_{\text{мон}} - FC_A.$$

Появление конкурента повлияет на рыночные позиции фирмы А, которая, вероятнее всего, будет вынуждена установить новую цену на уровне более низком, чем в монопольной ситуации: $p_A < p_{\text{мон}}$. Выйдя на рынок, уже занятый фирмой А, компания В столкнется с эффектом блокировки, описанным выше. Наличие в эксплуатации парка изделий фирмы А, имеющего к моменту появления конкурирующего продукта численность $Q_{\text{мон}}$, позволит сократить стоимость их ТОиР. Следовательно, для того, чтобы изделие фирмы В заняло сравнимую с конкурентом долю рынка, его цена p_B должна быть ниже цены изделия А настолько, чтобы нивелировать более низкую стоимость ТОиР изделия А, которое поступило в эксплуатацию раньше¹. Обозначив доли рынка, которые конкуренты получают на период до истечения периода T , α_A и α_B , получим следующие качественные соотношения:

$$\frac{\partial \alpha_A}{\partial Q_{\text{мон}}} > 0, \quad \frac{\partial \alpha_A}{\partial p_A} < 0, \quad \frac{\partial \alpha_A}{\partial p_B} > 0;$$

$$\frac{\partial \alpha_B}{\partial Q_{\text{мон}}} < 0, \quad \frac{\partial \alpha_B}{\partial p_B} < 0, \quad \frac{\partial \alpha_B}{\partial p_A} > 0.$$

Формально преимущество компании-лидера можно выразить в терминах цен и долей рынка следующим образом:

$$p_A \cdot \alpha_A > p_B \cdot \alpha_B,$$

$$\frac{\partial [p_A \cdot \alpha_A - p_B \cdot \alpha_B]}{\partial [T_B - T_A]} > 0.$$

Суммарные объемы продаж обоих производителей в период конкурентной борьбы составят

$$Q_A = \alpha_A \cdot q \cdot (T - T_B),$$

$$Q_B = \alpha_B \cdot q \cdot (T - T_B).$$

¹ Либо, экономическая эффективность нового изделия, выводимого на рынок, должна быть значимо выше эффективности ныне выпускаемой продукции – например, за счет существенно более низкого расхода топлива, или меньшей трудоемкости ТОиР. Т.е., изделие В должно быть прорывным, подробнее см. п. 2.1.4. Однако для обеспечения столь значимого преимущества, производитель В должен обладать существенно большим научно-технологическим заделом, по сравнению с лидером этого рынка, компанией А.

При этом за период конкурентной борьбы производители получают следующие объемы выручки:

$$R_A = p_A \cdot Q_A,$$

$$R_B = p_B \cdot Q_B,$$

и понесут следующие переменные затраты:

$$VC_A = c_A^{\text{мат}} \cdot Q_A + \sum_{Q=Q_{\text{мон}}+1}^{Q=Q_{\text{мон}}+Q_A} c_A^{\text{труд}}(Q),$$

$$VC_B = c_B^{\text{мат}} \cdot Q_B + \sum_{Q=1}^{Q=Q_B} c_B^{\text{труд}}(Q).$$

Итоговая прибыль, полученная каждым предприятием к концу ЖЦИ, составит

$$\Pi_A = \Pi_{\text{мон}} + R_A - VC_A;$$

$$\Pi_B = R_B - VC_B - FC_B.$$

Помимо рассмотренного сценария, при котором, начиная с момента T_B и до конца ЖЦИ обе фирмы конкурируют на рынке, возможно еще два варианта развития событий.

Если $R_B < VC_B$, второму предприятию вообще невыгодно выходить на рынок, несмотря на понесенные затраты в размере начальных вложений в проект (в данном случае их следует считать безвозвратными потерями). Иначе говоря, будет иметь место описанный выше эффект блокировки. В этом случае предприятие А до конца ЖЦИ остается монополистом, и получает итоговую прибыль, равную

$$\Pi'_A = \left(p_A - c_A^{\text{мат}} \right) \cdot q_A \cdot (T - T_A) - \sum_{Q=1}^{Q=q_A(T-T_A)} c_A^{\text{труд}}(Q) - FC_A.$$

Если же, напротив, прирост прибыли предприятия А за период с T_B до конца ЖЦИ будет отрицательным, т.е., $R_A < VC_A$, этому предприятию выгоднее уйти с рынка сразу после появления конкурента, который, таким образом, становится новым монополистом. В этом случае предприятие А останется с прибылью, полученной в период монопольного присутствия на данном рынке, т.е., $\Pi_{\text{мон}}$, а предприятие В получит к концу ЖЦИ прибыль в размере

$$\Pi'_B = \left(p_B - c_B^{\text{мат}} \right) \cdot q_B \cdot (T - T_B) - \sum_{Q=1}^{Q=q_B(T-T_B)} c_B^{\text{труд}}(Q) - FC_B.$$

Рассмотрим условный пример, иллюстрирующий важность сокращения длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ. Компании А и В

планируют вывести на рынок широкофюзеляжные дальнемагистральные пассажирские самолеты, принадлежащие к одному классу. При этом общая длительность ЖЦИ с начала рабочего проектирования оценивается в 25 лет, суммарный объем спроса на самолеты данного класса прогнозируется на уровне 100 изделий в год, и компания-лидер, т.е., фирма А, выводит свой продукт на рынок через 5 лет после начала проектирования. Будучи монополистом, она имеет возможность установить цену на уровне 150 млн. долл. Предположим, что после выхода на рынок конкурирующего изделия обе фирмы поделят рынок поровну, и установят одинаковые цены на уровне 120 млн. долл. Важно отметить, что в данном примере считается, что

$$p_A \cdot \alpha_A = p_B \cdot \alpha_B.$$

Т.е., не учитывается практически неизбежный проигрыш фирмы В либо в цене, либо в доле рынка, по причине более позднего выхода на рынок. Это означает, что в реальности выводы для компании В будут более пессимистическими, по сравнению с полученными в этом чрезвычайно упрощенном примере.

Примем следующие параметры функций затрат. Пусть начальные вложения в каждый проект равны 10 млрд. долл.; удельные материальные затраты на один самолет составляют 50 млн. долл.; удельные трудозатраты на первый экземпляр (в стоимостном выражении) составляют 135 млн. долл. При этом удельные трудозатраты сокращаются на 20% при удвоении накопленного выпуска за счет эффекта обучения. На графиках, приведенных на рис. 2.5, изображены полученные с помощью предлагаемой упрощенной модели зависимости ожидаемой прибыли обоих конкурентов от длительности предпроизводственных стадий проекта В. Поскольку запаздывание выхода на рынок приносит данному участнику потери, а его конкуренту – напротив, дополнительную прибыль, на рис. 2.5 возрастающие кривые отражают прибыль участника А, т.е. лидера инновационной гонки, а убывающие зависимости – прибыль аутсайдера, участника В. При этом объем начальных вложений в каждый проект варьируется в пределах 20% от ожидаемого уровня. Зависимости, полученные при начальных вложениях, равных 10 млрд. долл., изображены сплошными маркированными линиями, зависимости при меньших на 20 % постоянных затратах (8 млрд. долл.) – пунктирными линиями с незаштрихованными маркерами, а при начальных вложениях, на 20 % превышающих базовый уровень (т.е. 12 млрд. долл.) – пунктирными линиями с заштрихованными маркерами. Аналогичные обозначения используются и на следующем рис. 2.6.

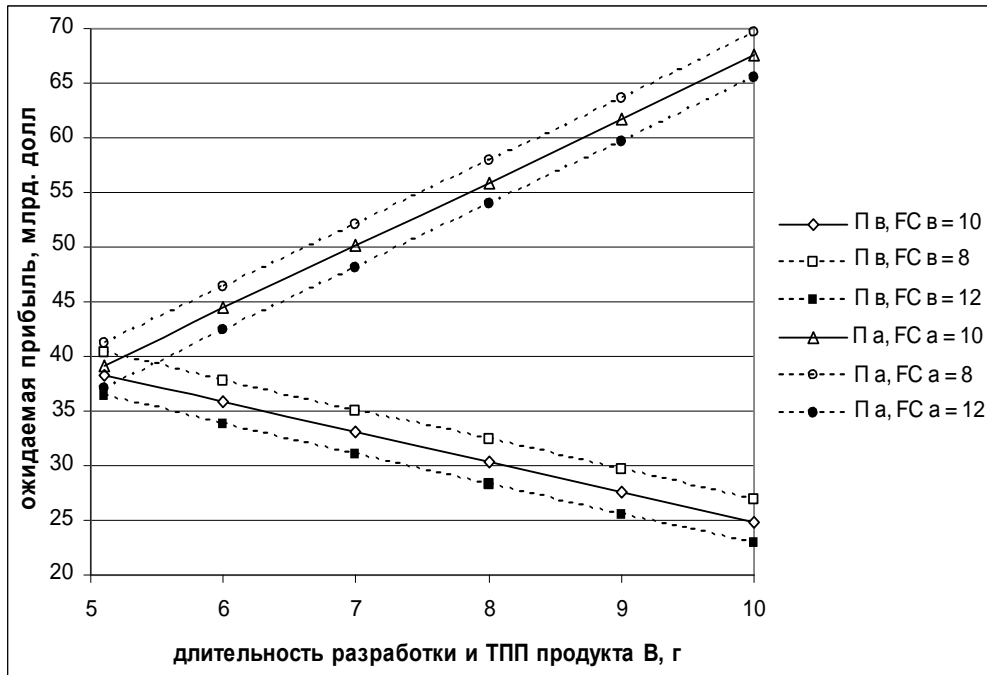


Рис. 2.5. Зависимость ожидаемой прибыли фирм-конкурентов от длительности предпроизводственных стадий проекта В

Как показывают расчеты по предложенной модели, увеличение длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ на 20 % (с 5 до 6 лет) приводит к сокращению ожидаемой величины прибыли фирмы В на 2,6 млрд. долл. При этом увеличение начальных вложений в проект В, изначально составлявших 10 млрд. долл., на те же 20 % сократило бы прибыль компании ровно на 2 млрд. долл. Если же, например, запаздывание проекта В относительно конкурента составит 10 лет, фирма А сможет получить прибыль в 2,5 раза больше, чем фирма В.

На первый взгляд, меньшая величина ожидаемой прибыли проекта В, при условии ее положительности, сама по себе не означает провала проекта. Однако следует помнить о том, что предприятия в рыночной экономике конкурируют друг с другом не только на рынках готовой продукции, но также и на рынках разнообразных ресурсов, в том числе – акционерного и заемного капитала. Инвестиционная привлекательность проекта для акционеров и кредиторов описывается набором показателей¹, среди которых весьма популярна в деловой среде *внутренняя ставка процента* (IRR, Internal Rate of Return), характеризующая доходность проекта. На рис. 2.6 приведены графики зависимости IRR обоих проектов от длительности предпроизводственных стадий проекта В (при этом считается, что начальные вложения в каждый проект делаются равномерно в течение всего предпроизводственного периода). Начальные вложения также варьируются в пределах 20 % от ожидаемых значений.

¹ См. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика / М.: Дело, 2004 – 888с.

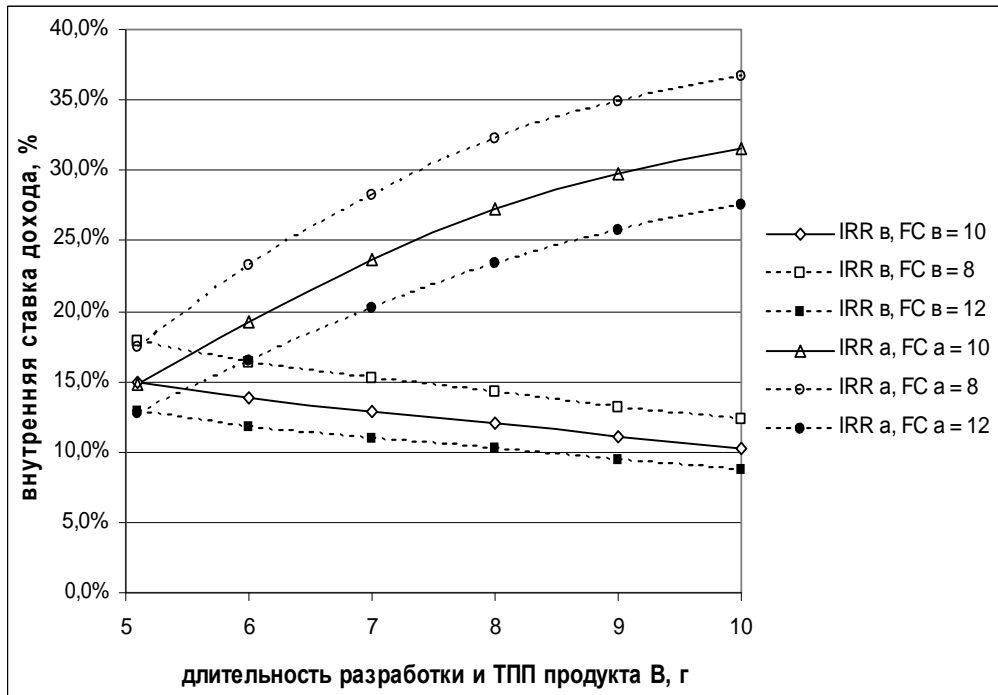


Рис. 2.6. Зависимости внутренней ставки процента конкурирующих проектов от длительности предпроизводственных стадий проекта В

Из графиков видно, что даже небольшое запаздывание относительно конкурента вызывает существенный разрыв в значениях IRR, и, как следствие – проигрыш в инвестиционной привлекательности.

На рис. 2.7 приведены графики денежных потоков, связанных с реализацией проектов А и В, если изделие В выйдет на рынки на 5 лет позже конкурирующего образца.

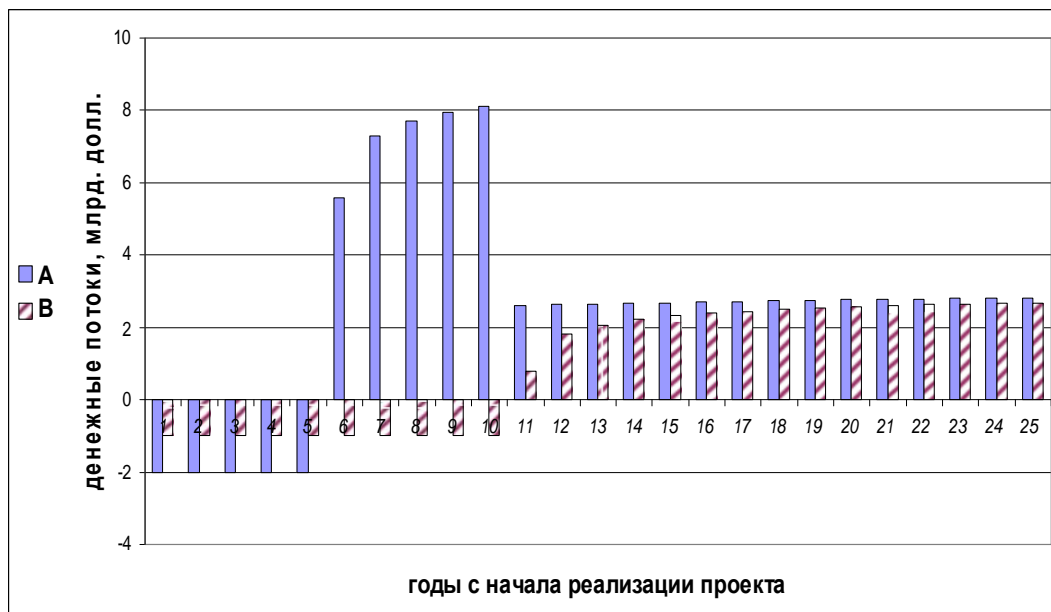


Рис. 2.7. Денежные потоки проектов А и В ($T_A = 5$ лет, $T_B = 10$ лет)

Как видно из приведенных графиков, на протяжении первых 5 лет продаж компания А, оставаясь монополистом на рынке, стремительно наращивает накопленный объем выпуска, и, как следствие – опыт производства изделий, что приводит к существенному сокращению себестоимости продукции и росту прибыли компании А. На практике низкое значение IRR проекта В может означать, что фирме В вообще не удастся привлечь достаточного объема средств инвесторов, и проект не будет реализован. Причем, такая ситуация вероятна даже в отсутствие более привлекательного конкурирующего проекта фирмы А. Внутренняя ставка процента имеет следующий экономический смысл: проект является заведомо невыгодным, с финансовой точки зрения, если IRR данного проекта будет ниже ставки процента по кредиту, взятому для реализации данного проекта. Таким образом, внутренняя ставка дохода характеризует “запас прочности” инвестиционного проекта. Поскольку риск реализации проектов создания новых самолетов и авиадвигателей весьма высок, получить кредит на такие проекты удастся лишь по относительно высоким ставкам процента (о чем уже говорилось в гл. 1, при рассмотрении чувствительности прибыли к отклонению параметров бизнес-плана от ожидаемых значений) – до 15...20 % годовых в развитых странах мира. В России процентные ставки будут еще выше по ряду причин (высокие страновые риски, неразвитость банковской системы, слабая конкуренция на финансовых рынках, и др.¹). Следовательно, проект создания новой авиатехники, IRR которого ниже 15...20 % годовых, становится в современных условиях непривлекательным уже не в относительном, а в абсолютном отношении.

Кроме того, если в нашей стране темп инфляции выше, чем в стране, где работает компания-конкурент (что весьма актуально для российских предприятий в последние десятилетия), большая длительность предпроизводственных стадий ЖЦИ приведет к тому, что к моменту выхода на рынки отечественное изделие окажется существенно дороже зарубежного и проиграет даже ценовую конкуренцию².

В любом случае, на предпроизводственных стадиях ЖЦИ “время работает против” разработчиков и производителей авиатехники. Поэтому возможности сокращения длительности этих стадий чрезвычайно важны при создании авиационной и космической техники как коммерческого, так и военного назначения.

Помимо сокращения ожидаемой длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ, важно и сокращение риска непредвиденного увеличения их длительности – вследствие конструктивных изменений, доработок,

¹ См. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика / М.: Дело, 2004 – 888с.

² На этот эффект обращают внимание авторы работы Левин А.И., Судов Е.В. Конкурентоспособность продукции и ее количественная оценка // публикации сайта www.cals.ru

исправления ошибок, и т.п. В авиационной промышленности США сокращение объема конструктивных изменений при внедрении CALS-технологий составило 23...73 %¹. В итоге, сокращается технический риск срыва заданных сроков разработки и доводки характеристик изделий до заданного уровня. О важности этого фактора убедительно свидетельствует приведенный в главе 1 пример задержки компанией Airbus поставок самолета А-380 и последующей потери существенной части заказов. Такое поведение заказчиков имеет объективное экономическое обоснование. Авиакомпании, оформляя предварительные заказы на новые типы изделий, основывают на них новые бизнес-стратегии, новые маршруты, услуги, и т.п. Поэтому срыв поставок и сдвиг сроков ввода новых изделий в эксплуатацию приводит к значительным прямым убыткам и репутационному ущербу для авиакомпаний. Что касается возможных задержек с постановкой на вооружение новых типов авиатехники военного назначения, соответствующий ущерб не всегда можно выразить в стоимостной форме.

При планировании новых проектов в авиастроении нередко возникает дилемма: выйти на рынок раньше, или улучшить технико-экономические характеристики перспективного продукта? С одной стороны, известны многочисленные преимущества более раннего, чем у конкурентов, времени выхода на рынок (о них и шла речь до сих пор). Но, с другой стороны, фирма-последователь может достичь более высокого уровня технико-экономического совершенства продукции. Особенно значимым это превосходство может быть на рынках изделий длительного пользования – таких, как авиатехника, подавляющая часть стоимости жизненного цикла которых приходится именно на послепродажные стадии. В силу ограниченности ресурсов (как финансовых, так и кадровых, интеллектуальных), выделяемых на разработку новых изделий, а также ограниченных возможностей совершенствования продукции после начала серийного производства, цели достижения временного или качественного превосходства над конкурентами могут быть взаимоисключающими. Поэтому приходится решать задачу совместной оптимизации времени выхода новой продукции на рынок и уровня ее технико-экономического совершенства.

В качестве примера можно привести основной перспективный проект российского авиастроения – магистральный самолет МС-21, начало продаж которого запланировано на 2015-2016 гг. После выхода на рынок ему придется конкурировать с современными зарубежными аналогами – самолетами А-320 и Boeing-737. Однако после 2020 г. производители этих популярных изделий, мировые лидеры в области гражданского авиастроения, компании Boeing и Airbus Industry, планируют вывести на рынок

¹ См. главу 8 и книгу

Судов Е.В., Левин А.И., Давыдов А.Н., Барабанов В.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / М.: НИЦ CALS-технологий “Прикладная логистика”, 2002 – 36с.

принципиально новые модели. Возможно, они будут обладать лучшими технико-экономическими характеристиками, чем МС-21. Поэтому он позиционируется разработчиками как *переходный* тип изделий, призванный закрепиться на т.н. *якорном рынке* до появления новых изделий зарубежных конкурентов.

Прежде всего, необходимо оценить, при каком временном преимуществе перед конкурентами изделие переходного типа будет пользоваться спросом у авиакомпаний, несмотря на худшие технико-экономические характеристики. Необходимо обеспечить продолжение продажи переходного типа изделий и после выхода на рынок зарубежных самолетов нового поколения.

Если воздушные суда переходного типа обладают «прорывным» преимуществом перед современными гражданскими самолетами, авиакомпании будут заинтересованы досрочно заменить всю имеющуюся авиатехнику на изделия переходного типа. Объемы их выпуска будут ограничены, теоретически, лишь мощностью авиастроительных предприятий. При этом надо учитывать, что практически конвейерное¹ серийное производство пассажирских узкофюзеляжных самолетов до 40-45 ед. в месяц доступно пока лишь двум мировым лидерам гражданского авиастроения. Поэтому процесс ожидания заказанного «прорывного» продукта может свести к нулю преимущества нового самолета. И чем меньше опережение переходного типа самолетов относительно нового поколения изделий зарубежных конкурентов, тем ближе должны быть его технико-экономические характеристики к характеристикам самолетов нового поколения. Можно оценить минимальное опережение², при котором самолет «переходного» типа с заданными характеристиками будет пользоваться спросом.

Если же изделия переходного типа не обладают прорывным преимуществом перед современными самолетами (что наиболее вероятно на современном этапе развития авиастроительных технологий), они могут пользоваться спросом лишь для расширения парка или замены физически устаревшей авиатехники, однако, при любом значимом превосходстве перед современными самолетами зарубежных производителей. Т.е. временное превосходство более значимо, чем качественное. На этом основании нередко оправдано освоение выпуска начальной, упрощенной версии нового самолета, если это позволит выйти на рынок существенно раньше зарубежных конкурентов и завоевать значительный якорный рынок. Его емкость и возможности совершенствования конструкции «переходного» типа воздушных судов определяют перспективы продажи этих самолетов после появления нового поколения зарубежных изделий.

¹ Подробнее современные технологии серийного производства авиатехники описаны ниже, в главе 4.

² См. Клочков В.В., Русанова А.Л., Максимовский В.И. Экономико-математическое моделирование процессов освоения серийного производства новых гражданских самолетов // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. № 3. С. 236-246.

Добавим некоторые примеры того, насколько сложна проблема выбора продуктовой стратегии – и в качественном отношении (какой уровень характеристик должен быть заложен в проект), и во временном (когда самолет должен выйти на рынок). В начале 2011 г. в компании Boeing полагают, что к 2020 году технологии позволят создать совершенно новый самолет на замену авиалайнерам 737-й серии¹. Компания потратила значительное время на оценку возможности создания совершенного нового самолета с новыми двигателями, системами и фюзеляжем, при производстве которого будут широко задействованы композитные материалы, вместо проведения ремоторизации самолетов 737-й серии.

В то же время европейский концерн Airbus сделал ставку на ремоторизацию своих самых востребованных самолетов, предложив клиентам модель A-320NEO, оснащенные несколькими типами двигателей на выбор: редуцированные турбовентиляторные двигатели Pratt & Whitney PW1000G или CFM International Leap-X, которые должны обеспечить 15-процентную экономию топлива.

После громкого успеха Airbus A-320NEO на салоне Ле Бурже 2011 компания Boeing в течение месяца приняла решение идти также по пути ремоторизации, видимо, рассчитав, что второй подряд полномасштабный проект (наряду с дальнемагистральными самолетами Boeing-787 Dreamliner) чересчур финансово обременителен. С другой стороны, если бы Boeing не смог создать новый самолет к концу этого десятилетия, долго не отвечая на появление семейства NEO, то Airbus получил бы значительное временное преимущество в работе с Заказчиками (со всеми вытекающими из этого последствиями для конкурента, описанными выше). Следующая цитата² показывает, что для принятия решения имеет значение не только готовность технологий, но и готовность производства (подробнее об их оценке будет рассказано в п. 6.2.):

*«Аналитики Boeing по поводу отказа от планов по созданию нового узкофюзеляжного лайнера в пользу ремоторизации 737NG, считают, что система производства американской компании не готова к выпуску нового самолета. **Необходимые технологии уже доступны, но проблема кроется в системе производства:** как быстро компания сможет выпускать 40, 50, 60 самолетов из композитных материалов в месяц. Предполагается, что на решение Boeing повлияли также проблемы компании со своей временной передачей заказчикам лайнеров 787-й серии из-за использования новых технологий и проблем с поставщиками.*

Возможно, на решение Boeing повлияло и то, что на рынке авиалайнеров вместимостью от 100 до 200 человек в середине этого десятилетия должны появиться 130-местные самолеты Bombardier CSeries с моторами PW1000G, китайские Comac C919 с двигателями LEAP-X и российские MC-21 с PW1400G.»

¹ См. журнал Aviation Week. (январь 2011).

² А. Нургалеев, АвиаПорт.Ру, 29.07.2011

2.2. Маркетинговые исследования и определение требований к перспективному продукту

2.2.1. Значение выбора облика перспективных изделий авиастроения

Центральная проблема разработки продуктовой стратегии авиастроительных компаний – проблема *стратегического позиционирования*: какие именно продукты, в каких рыночных сегментах, с какими характеристиками и когда следует выводить на рынки?

При формировании требований к перспективной авиатехнике следует руководствоваться базовыми стратегическими принципами:

- технологические достижения должны быть направлены на прирост добавленной ценности, повышение конкурентоспособности продукции, на улучшение ее технико-экономических характеристик;
- любая самая новая высокотехнологичная продукция должна изготавливаться с учетом действующих норм и стандартов, поэтому необходимо своевременно обновлять нормативную базу с учетом общемировых тенденций; при этом следует учитывать затраты времени и средств на сертификационный процесс;
- чрезвычайно желательно создавать унифицированные модельные ряды продукции на основе базового типа, что обеспечивает значительную экономию издержек (как в производстве, так и в эксплуатации – чрезвычайно показателен пример успеха семейства самолетов Airbus A-318/319/320/321), и, в конечном счете – рост рентабельности.

Экономические требования к новым продуктам являются ключевыми при формировании их облика. Например, одним из пионерских решений начала 90-х годов прошлого века было предложение фирмы NPT (Великобритания) составлять «из кубиков» блочные авиадвигатели одноразового применения (в основном для летающих мишеней). Изделие нужной тяги складывалось из стандартных базовых блоков по каталогу – так достигалась минимальная цена продукта. При этом одним из «ноу-хау» фирмы была высоконапорная центробежная ступень компрессора с отношением давлений на выходе и входе 9:1, что позволяло обеспечить хорошую топливную экономичность линейки двигателей.

Другой пример рыночного подхода – в военном секторе. Проект истребителя JSF задает новый стандарт проектирования боевой авиатехники, и резко контрастирует с первым опытом создания в США изделий пятого поколения (F-22 Raptor, чрезвычайно сложный и дорогостоящий самолет, в основном, за счет малой серийности, производство прекращено). Новая машина проектируется как элемент единой системы вооружений, в том числе с позиций экономических. Этот истребитель уже не должен поражать воображение выдающимися параметрами, зато должен быть легким, массовым, удобным в эксплуатации. И, что существенно, он задуман как

окупаемый рыночный продукт с риск-разделенным финансированием в рамках интернационального партнерства, выпускаемый в разных вариантах. В случае удачи этот проект резко усложнит ситуацию на рынке военных самолетов, задаст новые стандарты и развитию авиадвигателей. В то же время, на данный момент, как признают американские авиастроители и военные, проект F-35 испытывает значительные сложности – во многом именно по причине отхода от первоначального замысла (легкий, дешевый, простой), а также нарушения многих принципов системной инженерии и инженерного менеджмента, изложенных в этой книге.

Выбор облика будущего продукта очень важен. Известно, что фантасты придумывают мир будущего, а инженеры его строят. Ведь время рыночной жизни модели гражданского самолета составляет около 30-40 лет, плюс 5-7 лет на разработку (в главе 1 упоминались бомбардировщики B-52 с продлением срока службы до 70-80 лет). Получается, что инженеры при закладке требований к новой продукции должны видеть вперед на полвека. При этом практически невозможно исключить ошибки прогнозирования. Изменения ситуации на рынках авиаперевозок, авиатоплива и т.п. могут вызвать неожиданные и непредсказуемые эффекты для производителей авиатехники. Так, на авиасалоне Ле Бурже 2007 г. Airbus оказался в центре контрактной лихорадки, собрав рекордное количество заказов на выпускаемый уже много лет самолет A-320. Причина бума, который продолжился до 2011 г., оказалась в резком повышении цен на топливо. В результате стоимость пассажира-километра A-320 оказалась настолько привлекательнее, чем у конкурента, что ряд авиакомпаний, традиционно тяготевших к закупкам техники Boeing, стал отменять ранее оформленные заказы на Boeing-737.

Какова цена ошибок на ранних стадиях ЖЦИ? Затраты на корректировку проектных параметров авиатехники по календарным стадиям жизненного цикла продукта подчинены т.н. *закону «1-10-100»*, см. рис. 2.9.

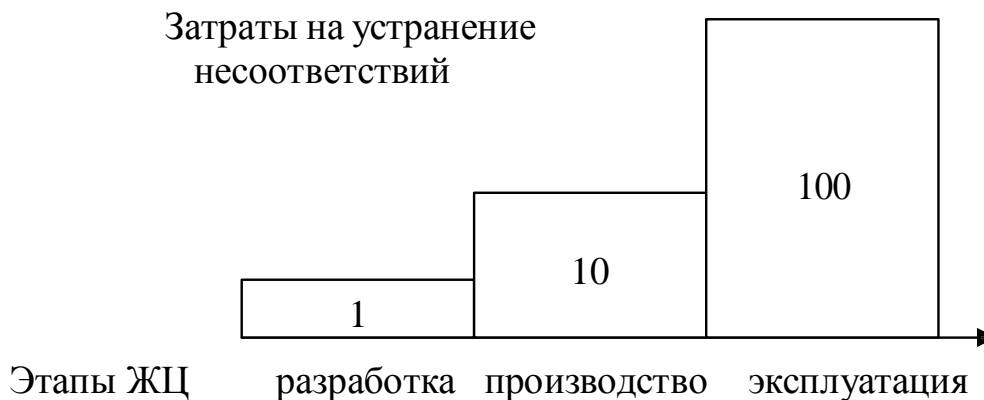


Рис. 2.9. Закон «1-10-100»

Если стоимость корректировки на этапе проектирования принять за единицу, то на этапе производства она обойдется уже на порядок дороже, а на этапе эксплуатации изделия – на два порядка дороже. Этот закон вытекает из особенностей структуры стоимости жизненного цикла авиатехники. Как бы ни были велики затраты на НИОКР, но затраты на производство будут выше на порядок, а на этапе эксплуатации (в особенности, если парк велик) – еще на порядок. Разумеется, точная оценка в каждом конкретном случае будет индивидуальной, однако порядок величин этот закон отражает верно. Пример из автопрома: массовый отзыв из эксплуатации ряда машин с обнаруженными дефектами в 2010-2011 гг. поставил на грань краха автогигант Toyota. Подчеркнем, что это – именно та компания, чья система обеспечения качества¹ TPS, Toyota Production System, рекомендуется как образцовая.

Именно авиация дает наиболее яркие примеры проявления данного закона. Приведем два таких примера. Замена крыла из-за появления усталостных трещин на выпущенных и уже принятых на вооружение транспортных самолетах С-5А фирмы Lockheed (США) обошлась более чем в 1 млрд. долларов². Устранение аналогичных проблем, возникших на самолетах Ту-154 первых серий, возможно, стоило не меньше, поскольку в эксплуатации уже находилось 120 машин³. Затраты на более тщательный прочностной расчет с учетом усталости и на ресурсные испытания с последующим внедрением с начала выпуска (если бы вовремя было принято решение об их проведении) все-таки оказались бы на несколько порядков ниже (тем более, что их все равно пришлось проводить). Таким образом, наиболее важным, с точки зрения обеспечения успеха проекта, является начальный этап ЖЦИ, когда на основе учета потребностей заказчиков, технологических возможностей, прогнозов развития рынков перевозок и т.д., определяются его технико-экономические параметры, цены и объемы выпуска. Именно поэтому в методологии системной инженерии уделено значительное внимание процессам управления требованиями, верификации и валидации принятых решений (проверки соответствия проекта и продукта этим требованиям).

Несколько лет назад под воздействием ошибочных прогнозов маркетологов оба авиастроительных титана выбрали неудачные перспективные модели. Boeing начал разработку скоростной модели Sonic Cruiser (рассчитанной на сегмент состоятельных бизнесменов), а Airbus сделал ставку на создание самолета сверхбольшой вместимости А-380, хотя и предназна-

¹ Подробнее об управлении качеством см. п. 2.3.

² См. Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Самолет Боинг – 747 / М.: АВИКО ПРЕСС, 1994 – 96 с.

³ См. Даффи П., Кандалов А.И. А.Н. Туполев – человек и его самолеты / М.: Московский рабочий, 1999 – 264 с.

ченного для массовых перевозок, но со значительными ограничениями в эксплуатации из-за требований по размерам к объектам аэропортового хозяйства. В ходе работ обе фирмы осознали, что наиболее доходный сегмент рынка находится в другом диапазоне требований, и срочно решили пересмотреть свои стратегии по развитию новых продуктов. В результате Boeing совсем отказался от проекта Sonic Cruiser и переключился на дальнемагистральную модель «лайнера мечты» B-787, а Airbus все-таки решил выпустить в серию проект A-380, и параллельно попытался выпустить на рынок в том же весьма прибыльном сегменте, что и B-787, широкофюзеляжный дальнемагистральный самолет A-350 (предложив, практически, ремоторизацию вполне удачного семейства A-330). Европейский гигант потерпел неудачу при сборе предварительных заказов, поэтому пришлось масштабно, срочно и со значительными затратами пересмотреть концепцию в пользу разработки новой модели A-350XWB, собравшей требуемое количество заказов позднее в Ле Бурже 2007. Для этого были заимствованы передовые технологии, разработанные для A-380, а кроме того, был добавлен оригинальный маркетинговый слоган – пассажирам предлагается лететь в условиях бизнес-класса по цене экономкласса (с увеличенными размерами и объемом салона). Трудно назвать аналогичный по привлекательности маркетинговый прием, пожалуй, со времен появления знаменитой второй палубы с баром на первых широкофюзеляжных самолетах Boeing-747.

Еще один гигант – авиадвигательный, General Electric, втянулся в сложный и дорогостоящий (стоимость НИОКР – свыше 2 млрд. долл.) проект двигателя GE90, и даже получил эксклюзивные права на его установку на ряде вариантов самолета Boeing-777. По окончании сертификации самой мощной модели GE90-115 компания констатировала, что, несмотря на то, что устойчивый выпуск вполне популярного самолета B-777 планируется на многие годы вперед, разработка и производство этого двигателя не окупится никогда (т.е. в пределах глубины нынешних бизнес-планов, до 2025-2030 года). Проект оказался невыгоден с коммерческой точки зрения (а любая компания в рыночных условиях вынуждена считать прибыли и убытки). Предварительно по данному проекту планировалась до окончания сертификации сумма затрат в 1 млрд. долларов США, но окончательная сумма составила более 2.5 млрд. \$. Подвело конструкторов требование достижения наивысшего уровня тяги для всех разработанных двигателей. Заметное увеличение физических размеров двигателя повлекло дополнительные доводочные работы даже по хорошо изученным, на первый взгляд, узлам и агрегатам, что заняло около 12 лет. Аналогичные проблемы преследуют сейчас двигатель Rolls Royce для самолета A-380.

Кстати, когда начались разработки B-777 и GE-90, российский авиадвигательный институт ЦИАМ им. Баранова продемонстрировал вполне рыночный экономический подход, новый тогда в отечественной практике.

После проработки конкурентных предложений силовой установки для двухдвигательного трансокеанского лайнера было принято решение двигатель такой размерности не делать, как заведомо некупаемый при потребностях рынка РФ.

Разумеется, требуется уточнить: следует ли отечественной авиапромышленности ориентироваться на потребности национального рынка, или на глобальный рынок. Даже двигатели меньшей размерности (как и воздушные суда) нет смысла делать в расчете исключительно на российский рынок. В силу относительно малого спроса на авиаперевозки, этот рынок не является самодостаточным (впрочем, даже страны, обладающие существенно большими емкостями внутренних рынков перевозок и авиатехники – прежде всего, США – не ориентируются исключительно на внутренний рынок ввиду риска изменения спроса). Однако проникновение на мировой рынок, как правило, требует освоения «якорного» внутреннего рынка.

2.2.2. Организация маркетинга на рынках авиатехники

Когда мы прогнозируем спрос на перспективные изделия, нет никакой гарантии, что авиакомпания действительно руководствуется теми критериями экономической эффективности авиатехники, которые предполагаются в наших моделях. И вряд ли они сделают выбор в пользу нашей продукции, если даже не знают о ней и не видят заинтересованности производителя, с которым им предстоит заключить «контракт на всю жизнь». Можно процитировать руководителя одной из крупнейших российских авиакомпаний¹:

“Если они (т.е., российские авиастроители – прим. авт.) не работают с покупателями, они не могут быть успешными, что бы они ни производили, даже теоретически”.

В условиях обострения конкуренции и индивидуализации спроса резко возрастает роль непосредственного диалога заказчиков с производителями авиатехники. Для снижения рисков, сопряженных с разработкой и освоением новых типов авиатехники или сервисных услуг, необходимо с самого зарождения идеи создания нового продукта проводить активные маркетинговые мероприятия, направленные на учет пожеланий заказчиков.

При проведении маркетинга высокотехнологичной продукции необходимо помнить следующие особенности:

- для высокотехнологичной продукции сложнее прогнозировать будущий объем продаж;

¹ См. Карнозов В. “Сибирь” отказывается от отечественной техники // сайт www.aviaport.ru, 02.02.2006.

- при планировании сбыта высокотехнологичной продукции необходимо заранее разработать и представить заказчикам программу послепродажного обслуживания авиатехники и стратегию развития глобальной сервисной сети;
- следует тщательно готовить Заказчика к использованию новой высокотехнологичной продукции; обеспечить потребителей требуемой документацией и научно-технической информацией.

Как правило, начиная создание нового самолета или авиадвигателя гражданского назначения, ведущие зарубежные предприятия организуют подобное взаимодействие в рамках специально создаваемого *консультативного совета авиакомпаний* (ААВ, Airline Advisory Board), состоящего из представителей потенциальных заказчиков – авиакомпаний и лизинговых компаний. В процессе непосредственного диалога возможно уточнение критериев выбора, которыми реально руководствуются авиакомпании, ожидаемых условий эксплуатации будущих изделий и т.п. На стадии маркетинговых исследований целесообразно разработать комплексную экономико-математическую модель проекта перспективного изделия и системы его послепродажного обслуживания. Такая модель должна включать в себя следующие составные части:

- экономико-математические модели процессов разработки перспективных изделий, технологической подготовки производства и серийного производства (с участием тех или иных субподрядчиков);
- экономико-математические модели процессов эксплуатации и обслуживания перспективных изделий в парках потенциальных заказчиков при заданных условиях.

Непосредственное экономико-математическое моделирование некоторых этапов ЖЦ перспективной продукции может оказаться неприемлемо сложным. В этом случае целесообразно создавать имитационные модели этапов ЖЦИ с использованием современных информационных технологий. Построенную комплексную модель жизненного цикла проекта необходимо продемонстрировать:

- потенциальным разработчикам и производителям перспективных изделий, исполнителям ТООР – с целью оценки технической реализуемости и возможной стоимости реализации проекта;
- потенциальным заказчикам – с целью оценки конкурентоспособности и прогнозирования спроса.

Затем, на основе замечаний и пожеланий, высказанных заинтересованными лицами, необходимо скорректировать параметры проекта. Описанный алгоритм повторяется итерационным образом, см. рисунок 2.8.

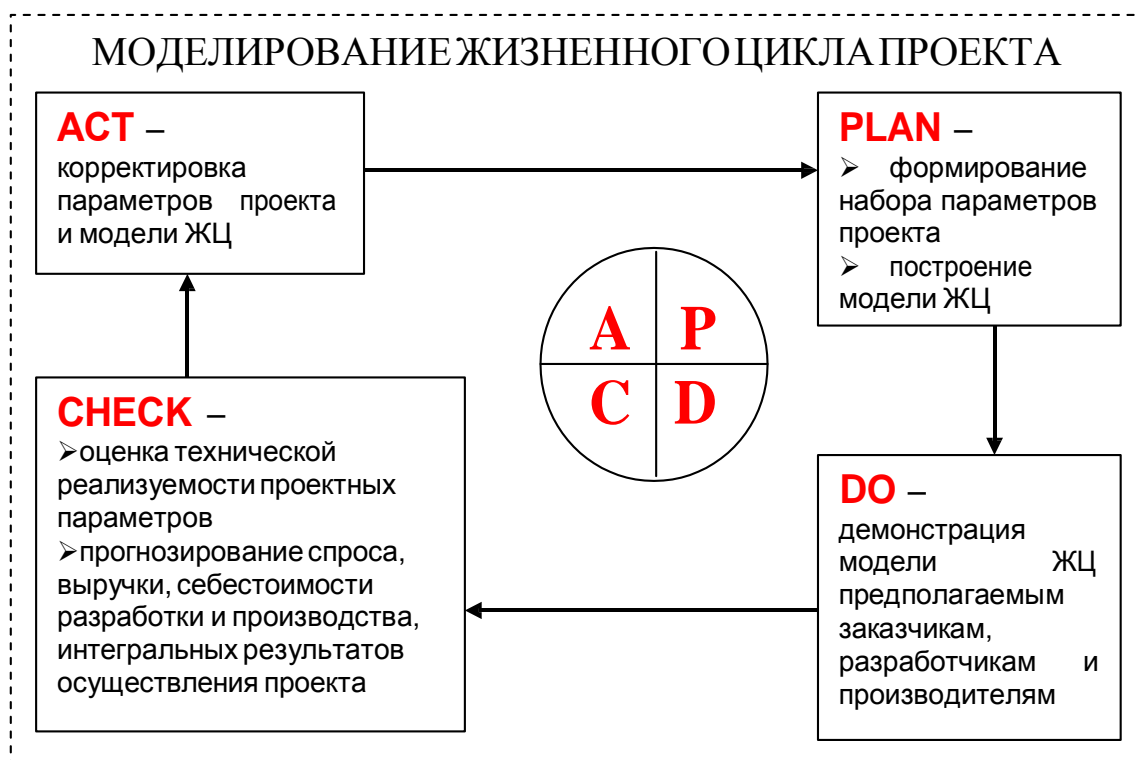


Рис. 2.8. Цикл PDCA и его использование в стратегическом планировании развития авиастроительной компании

Изображенный на рисунке циклический алгоритм известен в теории менеджмента качества как *цикл Деминга*, или цикл PDCA (Plan – Do – Check – Act, “Планирование – Осуществление – Проверка - Коррекция”. В результате реализации такого алгоритма, появляются следующие благоприятные возможности.

Во-первых, потенциальные заказчики получают возможность прогнозировать индивидуальную (т.е., достижимую в условиях данной авиакомпании) экономическую эффективность перспективных изделий и сервисных услуг, что сокращает их риск при выборе того или иного поставщика авиатехники. Большая определенность экономической эффективности повышает привлекательность и конкурентоспособность новой продукции, выводимой на рынок. Растет вероятность получения производителем опционов и даже твердых заказов на ранних стадиях жизненного цикла проекта, что значительно снижает риск рыночного провала новых изделий и сервисных услуг (вспомним, как важно быть уверенным в продаже достаточного количества изделий – об этом шла речь в гл. 1).

Во-вторых, можно оперативно скорректировать параметры будущей продукции с меньшими потерями времени и средств, по сравнению с коррекцией параметров продукта, выпускаемого серийно или уже поступившего в эксплуатацию. Вспомним, что затраты на корректировку проектных параметров авиатехники подчинены закону “1-10-100”, см. п. 2.2.1.

Разумеется, анализ потребностей заказчиков и согласование параметров перспективной продукции – лишь начало длительного (порядка 10-20 лет) процесса взаимодействия производителя и эксплуатирующих организаций. В таблице 2.4. схематично изображено распределение основных маркетинговых мероприятий по стадиям жизненного цикла продукции авиастроения.

Таблица 2.4

Маркетинговые мероприятия на различных стадиях жизненного цикла продукции авиастроения

Этап ЖЦИ	Маркетинговые мероприятия
Предварительные исследования	Анализ потребностей и пожеланий заказчиков и критериев их выбора, поиск предварительных заказов, возможно, заключение опционов
Внешнее проектирование	Детальное согласование с потенциальными заказчиками и оптимизация параметров новой продукции
Рабочее проектирование, изготовление опытных образцов, испытание и доводка; серийное производство и продажа	Корректировка цен и объемов производства авиатехники и услуг ТОиР с целью максимизации прибыли, либо, иной целевой функции авиастроительного предприятия
Эксплуатация и послепродажное обслуживание	Анализ опыта эксплуатации и послепродажного обслуживания изделий (на основании данных сервисных служб и самих эксплуатирующих организаций) в интересах создания новых поколений авиатехники

Определив на начальных стадиях реализации проекта экономически целесообразные проектные параметры перспективной продукции, ее технический уровень, можно обоснованно планировать НИОКР, направленные на достижение желаемого уровня характеристик. Также можно заранее оценить достаточность потенциала предприятия (производственного, кадрового и т.п.), и, при необходимости, запланировать меры по развитию потенциала. Таким образом, цикл PDCA – это алгоритм стратегического планирования развития авиастроительного предприятия.

Интерактивное взаимодействие с заказчиками должно сопровождать весь жизненный цикл самолета или авиадвигателя – от начала предварительного проектирования до полного прекращения эксплуатации. На этом пути новые возможности в маркетинге открывают современные информационные системы класса CRM, Customer Relationship Management, глобальные компьютерные сети, сайты двигателестроительных и ремонтных предприятий. Взаимодействие с заказчиками, как и другие функции маркетинга, включая рекламу, конкурентную разведку, и т.п., не следует считать, как принято традиционно, исключительной прерогативой маркетинговой службы предприятия. Последняя, скорее, призвана координировать эти процессы. Маркетинг – одна из важнейших задач всего коллектива и всех подразделений авиастроительных и ремонтных предприятий, в том числе, инженеров-исследователей и конструкторов, служб сервиса, продаж, и руководителей, ответственных за планирование развития потенциала предприятия.

2.3. Системное формирование требований к перспективной авиатехнике и управление качеством

2.3.1. Эволюция менеджмента качества

В число необходимых инструментов создания конкурентоспособной продукции авиастроения входит *система менеджмента качества* (СМК). И хотя подробнее о принципах обеспечения качества продукции на этапе производства будет рассказано в главе 4, о качестве необходимо помнить с самых первых стадий ЖЦИ, обеспечивая качество продукта на стадии разработки и даже ранее – при закладке требований к будущему изделию. Качество продукции должно обеспечиваться на всех стадиях ЖЦИ, а отнюдь не только в производстве. Непонимание этой истины привело к значительным потерям для различных отраслей отечественной промышленности.

Качество как категория оценки вещей, товаров и услуг существовало с незапамятных времен. Однако только в XX веке качество становится уже категорией экономической, становится объектом управления и предметом научного анализа, появляется понятие *«менеджмент качества»*. Эволюция менеджмента качества, его основные признаки и инструментария наглядно показывают адаптацию промышленности к требованиям рынков. Системы управления качеством прошли в своем развитии 5 условно выделяемых этапов¹.

- *«Первый (1900-1924 гг.) известен как система Тейлора: контроль качества продукции, его соответствие стандартам (технической документации) при изготовлении.*
- *Второй (1924-1951 гг.) – системы Р.Джонсона, В. Шухарта, Г.Доджа, Г. Роминга, Э. Деминга. Их основа – статистическое управление качеством на выходе и входе производства и самих процессов с использованием контрольных карт, таблиц выборочного контроля и т.д.*
- *Третий (1951-1980 гг.) – «тотальное управление качеством (TQC)», предложено А. Фейгенбаумом: в процесс управления качеством вовлекаются все работники фирмы, широко применяются статистические методы, внедряются сертификация продукции поставщиков, аудит потребителей, документирование систем качества, их регистрация или сертификация третьей стороной. Характерные особенности системы: кружки качества, инжиниринг качества, принцип «ноль дефектов» и т.д.*
- *Четвертый (1980-1994 гг.) – «тотальный менеджмент качества (TQM)»: удовлетворение требований и запросов потребителей; достиже-*

¹ Перев.: Integrating & Optimizing the Enterprize part 12: ISO 9001:2000 What s this radical revision all about? 2001

ние полного соответствия подходов в достижении качества всеми службами, подразделениями фирмы и ее поставщиками. Если ранее TQC ориентирован на выполнение установленных требований, то TQM – еще и на управление самими требованиями, а также постоянное улучшение качества на всех этапах «жизненного цикла товара на основе систем качества ИСО 9000 – от маркетинговых исследований до утилизации использованной продукции. Цель – обеспечить требуемый потребителем уровень качества, предоставить ему доказательства способности предприятия выполнить обязательства по качеству.

- *Пятый этап (с 1994 г.) – качество как способ удовлетворения потребностей общества, владельцев компании и ее работников, потребителей, гармонизации их интересов. Он базируется на TQM, стандартах серии ISO9000, и ISO14000, устанавливающих требования к системам менеджмента с точки зрения защиты природы и безопасности продукции, а также на стандарте США QS 9000 «Требования к системам качества», базирующемся на ISO9001.»*

Собственно, именно последнее из приведенных определений – «качество в широком смысле» – лежит в основе формирования требований к перспективной авиатехнике, ее производству и послепродажному обслуживанию. Маркетинг – это инструмент трансляции требований заказчика разработчикам и производителям будущей продукции. Эти требования затем превращаются в более конкретные спецификации изделия и производственных процессов путем *развертывания функций качества* (QFD, Quality Function Deployment). Данный метод представляет собой один из инструментов проектирования изделий и процессов, позволяющий преобразовывать пожелания потребителя в технические требования к изделиям и параметрам процессов их производств. Основная идея технологии QFD заключается в том, что между потребительскими свойствами, свойствами надежности (т.е. фактическими показателями качества) и установленными в стандартах параметрами продукта (вспомогательными показателями качества) существует большое различие. вспомогательные показатели качества важны для производителя, но не всегда существенны для потребителя. Идеальным случаем был бы такой, когда производитель мог контролировать качество продукции непосредственно по фактическим показателям, но это, как правило, невозможно, поэтому он пользуется вспомогательными показателями.

Метод QFD (метод домов качества, метод синхронного инжиниринга) основан на экспертном построении фигурных матриц «домов качества», в которые заносится информация о качестве продукта и принимаемых решениях. Каждая часть «дома» содержит необходимые потребительские или технические характеристики. QFD процесс включает четыре

последовательных этапа, на каждом из которых строится свой «дом качества». Потребительские характеристики преобразуются в технические. Технические характеристики преобразуются в характеристики компонентов. Затем – в характеристики процессов и в характеристики контроля продукта (о чем подробнее будет сказано в главе 4).

В СССР существовала и активно развивалась на научной основе отечественная практика обеспечения качества. Наиболее известны следующие концепции:

- БИП (Бездефектное Изготовление Продукции), 1950-е годы.
- КАНАРСПИ (Качество, Надежность, Ресурс с Первых Изделий).
- КСУКП (Комплексная система управления качеством продукции), 1970-е годы.

Вышеуказанные подходы создавались и использовались на предприятиях военно-промышленного комплекса (ВПК), где в силу требований государственного заказчика были разработаны методы обеспечения качества на стадиях исследования и проектирования новой продукции, статистический контроль качества с применением контрольных карт, специальные стандарты.

Стандарты ISO 9000 появились в 1987 году и стали для мировой промышленности основой не только повышения качества продукции, но основой кардинального реформирования предприятий и отраслей. Одна из главных причин успеха ISO 9000 объясняется тем, что сам процесс сертификации на соответствие требованиям стандарта ISO 9000 помогает предприятию оптимизировать его управленческие, хозяйственные и производственные процессы таким образом, чтобы в наибольшей степени способствовать удовлетворению запросов потенциальных заказчиков в рамках рыночно-ориентированного подхода. Т.е. внедрение этих стандартов – конечно, реальное, а не формальное – обладает эффектом «каши из топора»: выгоду приносит не само по себе внедрение стандарта, а попутно выполненный для этого критический анализ работы предприятия и ее улучшение.

В 2000 году стандарт был пересмотрен коренным образом. Он представляет собой целое семейство взаимосвязанных стандартов: ГОСТ/ISO 9000, определяющий основные понятия и термины; ISO9001 базовый, определяющий требования к новым системам, и ISO9004, содержащий рекомендации по внедрению ISO9001. Современные отечественные стандарты в этой области гармонизированы с международными.

2.3.2 Процессный подход к управлению качеством

В основе модели управления качеством в ГОСТ/ISO9001:2008 лежит понятие *процесса*. Соответствующая модель состоит из четырех разделов:

- Административная ответственность,
- Управление ресурсами,
- Производство товара и/или услуги,
- Измерение, анализ, улучшение.

Версия стандарта ISO9001:2008 дает возможность объединения системы управления качеством и системы управления бизнесом в единой модели, в которой цели повышения качества и рационального хозяйствования достигаются совместно.

Для каждого из процессов должен быть определен «владелец», который будет отвечать за результативность процесса. Прежде чем представить какую-либо деятельность как процесс, необходимо убедиться, что эта деятельность приносит компании добавленную ценность (то есть, во-первых, результат деятельности представляет ценность для клиента, и во-вторых, эта деятельность целесообразна с точки зрения затрат на ее осуществление). Для каждого процесса, помимо технологии выполнения, должны быть определены требования к входам и выходам, требования к используемым ресурсам (персонал, оборудование, инструменты, производственная среда, информация и т.д.), критерии оценки результативности процесса и удовлетворенности его клиентов.

Руководитель функционального подразделения играет роль владельца ресурсов, а одной из его важнейших задач является обеспечение этими ресурсами сквозного процесса. Важно также, чтобы на предприятии было четко регламентировано взаимодействие владельцев процессов с руководителями функциональных подразделений (владельцами ресурсов). Заметим, что такое – процессно-функциональное – представление бизнеса весьма схоже с матричной структурой современного производства, описанной в гл. 1.

Процессы, сопровождающие жизненный цикл сложных технических систем, изложены в стандарте ISO 15288, рис. 2.10. Выделено четыре группы: процессы соглашения, процессы организационного обеспечения проекта, процессы собственно выполняемого проекта (управленческие), технические процессы.

Процессы стандарта ISO/IEC 15288:08



Рис. 2.10. Набор процессов жизненного цикла изделия

О вкладе отечественных специалистов в методологию системного менеджмента качества и в развитие процессного подхода можно, к примеру, прочесть в ссылке¹.

В общем случае для внедрения стандарта ISO 9000 следует обеспечить следующее (для удобства читателя перечислены основные моменты):

1. *Основное внимание клиенту.* Существование организации зависит от ее клиентов, и, следовательно, она должна иметь полное представление о нынешних и будущих потребностях своих клиентов, удовлетворять их и стремиться превосходить их ожидания.

2. *Роль руководства.* Единство понимания цели развития организации обеспечивают ее руководители. Они должны создавать и поддерживать такую внутреннюю обстановку, в которой сотрудники организации оказываются полностью вовлеченными в процесс достижения целей организации.

3. *Привлечение всех сотрудников организации.* Основа организации – ее сотрудники на всех уровнях, полное вовлечение которых в хозяйственные процессы обеспечивает максимальное использование их возможностей на благо организации.

¹ В. Володин Отсроченный бросок в 5-е поколение. Электронная публикация. 2004 г.: <http://gudkov.viperson.ru/wind.php?ID=214965&soch=1>

4. *Процессный подход*. Ожидаемый результат достигается более эффективным способом, если взаимосвязанные виды деятельности и использование ресурсов рассматриваются как единый процесс.

5. *Системный подход к управлению*. Идентификация, формализованное описание и управление системой взаимосвязанных процессов в зависимости от поставленной цели существенно повышают эффективность работы и рентабельность организации.

6. *Постоянное улучшение*. Постоянное улучшение должно быть одной из неизменных целей организации.

7. *Принятие решений, основанное на фактах*. Постоянный анализ реальной информации является основой эффективности и корректности принимаемых решений.

8. *Взаимовыгодные связи с поставщиками*. Организация и ее поставщики взаимозависимы, поэтому связи, выгодные обеим сторонам, только способствуют повышению их эффективной способности создавать продукты, имеющие высокую потребительскую ценность.

Благодаря таким компонентам, как необходимость постоянного улучшения и ориентация на потребителя, внедрение стандартов ISO 9001:2008 явилось важным эволюционным шагом, обеспечивающим значительные преимущества организациям, их клиентам и партнерам-поставщикам.

Развитие событий в этой сфере лишний раз подтверждает насущную необходимость интеграции всех аспектов бизнеса, под каким бы девизом это ни происходило. В 2010 г. в Сиднее состоялось очередное заседание подкомитета 2 ISO/TK 176, в функции которого входит разработка и поддержание стандартов ISO серии 9000 "Системы менеджмента качества". Рабочая группа "Будущие концепции" обсуждала принципы менеджмента качества, которые могут лечь в основу пересмотра ISO 9001. Простое перечисление тематики работ группы показывает, что затронут очень широкий круг аспектов деятельности организации:

1. Финансовые ресурсы организации.
2. Коммуникации между участниками работ.
3. Время, скорость, быстрота реагирования при реализации.
4. Принципы менеджмента качества/Лидерство руководства.
5. Согласованность с практикой управления бизнесом.
6. Методы оценки и управления рисками.
7. Управление жизненным циклом продукции.
8. Организация эффективной цепочки поставок.
9. Фокус на соответствие продукции требованиям.
10. Результаты процесса и оценка результативности.
11. Инновационный процесс.
12. Поддержание инфраструктуры.
13. Менеджмент процессов.
14. Управление знаниями.

15. Компетентность.
16. Инструменты качества.
17. Структура СМК и взаимодействие с управленческими стандартами.
18. Влияние технологии и изменений в информационном менеджменте.

Помимо собственно стандартов ISO серии 9000, на современном предприятии нужно освоить набор базовых норм, которые необходимо учитывать участникам глобального разделения труда в авиапромышленной отрасли. В развитие СМК ISO9000 на Западе появился важный в свете целей этой книги стандарт AS/EN9100, который определяет требования системы менеджмента качества для аэрокосмической промышленности и обороны и является «рекомендованной моделью качества при проектировании, разработке, производстве, монтаже и обслуживании в авиапромышленности». Стандарт AS/EN9100 был разработан Международной авиационно-космической группой качества (IAQG), и полностью поддерживается всеми основными аэрокосмическими поставщиками первого уровня. Для удовлетворения требованиям этого стандарта компания должна получить одобрение независимого аккредитованного органа сертификации. Компании, официально зарегистрированные в AS/EN 9100, вводятся в международную базу данных, известную как информационная Интернет-система аэрокосмических поставщиков (OASIS), содержащая более тысячи компаний по всему миру.

Цели EN ISO 9100:

- обеспечение высокого качества и безопасности продукции в аэрокосмической области (всемирно признанный уровень качества);
- интеграция требований законодательства в области авиации (LBA, EASA);
- выполнение специфических требований потребителей (требования к оценке поставщика финальной продукции – например, Airbus, Boeing, MTU и др.);
- выполнение требований государственных органов;
- оптимальное использование взаимовлияния по всей цепочке поставщиков (предотвращение / снижение дефектов);
- повышение стабильности процессов взаимодействия между интеграторами системы, поставщиками и субподрядчиками;
- систематизированный анализ поставщиков аэрокосмической промышленности;
- международная унификация представления данных и регистрации предприятий в базе данных OASIS.

Поскольку в современной авиапромышленности масштабные проекты реализуются в рамках кооперации многих участников, одним из первых и критически важных этапов проектных работ является выбор подрядчиков. Примерный круг вопросов первичного аудита процесса выбора организаций-кандидатов приведен в Приложении П 1.2.

Для управления процессами предписывается применение прикладного программного обеспечения согласно требованиям Nadcap AMS2750D. Nadcap – это программа для сертификации специальных процессов и продукции с целью обеспечения постоянных экономически целесообразных улучшений качества в области авиации и космических исследований.

Существенные специфические требования стандарта AS/EN 9100 (затронутые в других разделах этой книги) включают:

- управление рисками;
- управление документацией;
- конфигурационный менеджмент;
- разработку проектной документации;
- планирование;
- валидацию;
- верификацию;
- управление закупками;
- планирование и осуществление производства;
- испытание первого образца;
- аварийный план в случае поставки несоответствующей продукции;
- установление полномочий (в частности для утверждения);
- документальное подтверждение уничтожения бракованных частей.

Часть набора общепотребительных стандартов качества, дополняющих EN ISO 9100, показана на рис. 2.11. На практике используется существенно большее число стандартов, касающихся всех перечисленных направлений перечня, приведенного выше.

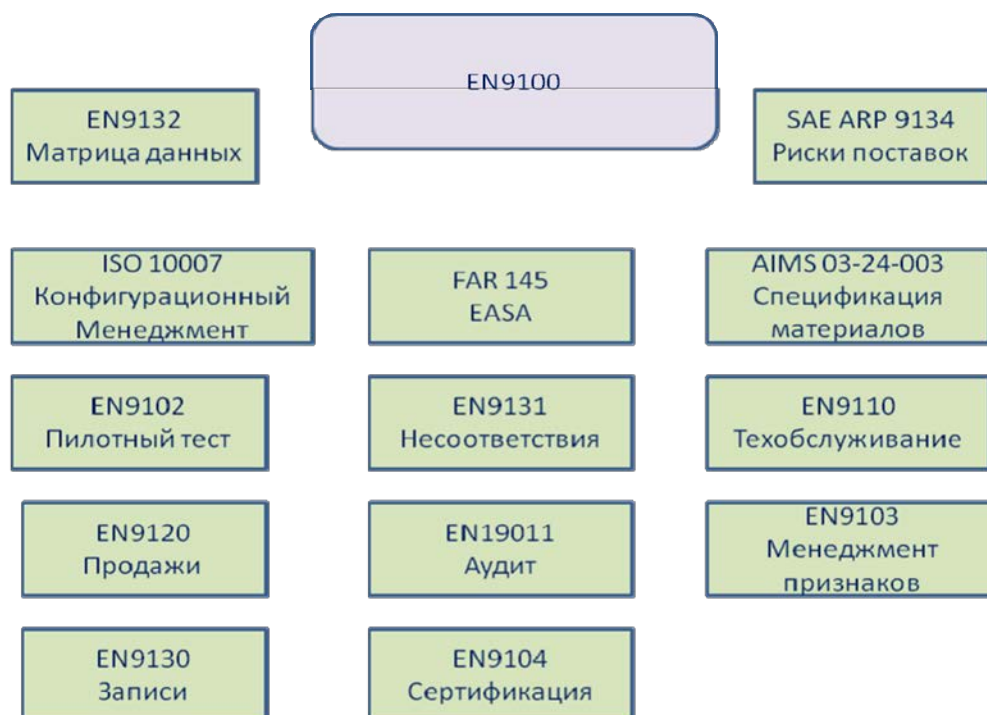


Рис.2.11. Набор стандартов, связанных с EN ISO 9100 (EN9103 содержит управление отклонениями ключевых характеристик)

В настоящее время отставание российского авиастроения от мировых лидеров (к которым можно причислить 4 основные западные фирмы, а в ближайшее время, вероятно, уже и китайский авиапром) по количеству выпускаемых пассажирских самолетов составляет два и более порядка. Оно отражает фактический уровень конкурентоспособности отечественной продукции, которая, в свою очередь, определяется качеством в широком смысле – т.е. привлекательностью продукции для потребителей. При этом в бюрократических кругах и в средствах массовой информации активно муссируются тезисы о невыгодности тех или иных моделей, завышенных ценах, низком качестве и др. С одной стороны, как обосновано выше, пока не будет налажен серийный выпуск моделей, качественное (с малыми продолжительностями ремонта и поставки запчастей, с возможности лизинга сменных двигателей и т.п.) и доступное послепродажное обслуживание, которые позволят окупить текущие затраты на серийное производство (хотя бы 30-50 штук в год) и обеспечить нормальную эксплуатацию и обслуживание, немногие авиакомпании согласятся летать на отечественных самолетах. С другой стороны, если речь идет о выпуске уже разработанных и сертифицированных изделий, трудности сводятся к двум позициям: надо упорно работать над подготовкой производства и качеством серийной продукции, но параллельно работать с покупателем. Есть печальный опыт в этой области и у нашего ВПК. Следует заметить, что в российском авиастроении не увенчалась значимым успехом ни одна конверсионная программа: гражданский покупатель разборчив, так как ему нужна продукция качественная, дешевая в эксплуатации, обслуживаемая на современном уровне. В начале 90-х годов были частыми (и обоснованными) жалобы на отсутствие финансирования российского авиастроения. Сегодня, когда появилось стабильное финансирование, стали отчетливо видны пробелы в организации работ по созданию авиатехники. Одна из ключевых ролей здесь принадлежит разработке и внедрению более полного набора стандартов и регламентов, а также применению в качестве стандартов РФ соответствующих международных документов и процедур.

В частности, необходимо срочно зафиксировать в стандартах факт существования компьютерного моделирования при конструировании сложной техники. Среди них должны быть стандарт представления данных технической информации проекта ВС (включая стандарты на представление и хранение электронных чертежей, 3D-моделей, ЭМИ, электрических схем, технологических процессов производства и сборки и пр.), стандарт представления данных спецификаций оборудования, приборов и материалов, стандарт управления конфигурацией в информационной модели ВС между организациями и многие другие. Авторские предложения по данному поводу частично отражены в Приложении П 1.

ГЛАВА 3. ОРГАНИЗАЦИЯ РАЗРАБОТКИ АВИАТЕХНИКИ

Разработчики гражданской авиатехники в крупнейших авиастроительных компаниях работают одновременно над целым спектром задач. Это создание перспективной модели для приоритетного сегмента рынка, развитие уже выпускаемых и эксплуатируемых образцов, участие в государственных и собственных НИОКР, модернизация выпускаемых моделей, поисковые исследования по самолетам будущего и их компонентам, новому инструментарию инженеров. С точки зрения менеджмента, решается типичная задача «портфельного» управления множеством дорогостоящих, длительных, объемных проектов¹. Здесь слово «портфель» отражает специфику одновременного выполнения предприятием нескольких сложных проектов на разных этапах готовности, что требует существенных усилий в части маневрирования ресурсами: финансовыми, человеческими, временными и др. Далее в главе основное внимание уделим этапу проектирования.

3.1. Проектное управление созданием авиатехники: основные этапы и их регламентация

Базовые понятия и определения этапов создания новой техники определены в соответствующих стандартах. Для разработки продукта, компания на основании предварительной идеи (или внешнего заказа) разработки нового изделия подготавливает *техническое предложение*, с учетом заключений маркетологов, ученых в предметных областях авиационной науки, конструкторов, производителей, эксплуатационников, служб послепродажной поддержки. Техническое предложение предъявляется потенциальным покупателям и должно получить минимально необходимое для окупаемости количество предварительных заявок.

Затем по стандартам, в т.ч. российскому ГОСТ 2.103-68(95) необходимо выполнить *эскизный проект*, далее *технический*, после чего перейти к разработке *рабочей конструкторской документации* (РКД), предназначенной для изготовления и испытания опытной партии образцов изделия на этапе сертификации.

Эскизный проект (ЭП) - совокупность конструкторских документов, которые должны содержать принципиальные конструктивные решения, дающие общее представление об устройстве и принципе работы изделия, а также данные, определяющие назначение, основные параметры и габаритные размеры разрабатываемого изделия. Эскизный проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки технического проекта и РКД.

¹ Базовые положения современной технологии управления портфелем проектов в авиастроении приведены в Главе 7.

Технический проект (ТП) – совокупность конструкторских документов, которые должны содержать окончательные технические решения, дающие полное представление об устройстве разрабатываемого изделия, и исходные данные для РКД. Технический проект после согласования и утверждения в установленном порядке служит основанием для разработки рабочей конструкторской документации (РКД), передаваемой для производства деталей и компонентов изделия.

Цепь реализации проекта по этапам жизненного цикла в системной инженерии удобно изображать на V-диаграмме (в виде латинской буквы), рис. 3.1.(Handbook INCOSE, 2006).

V диаграмма системной инженерии

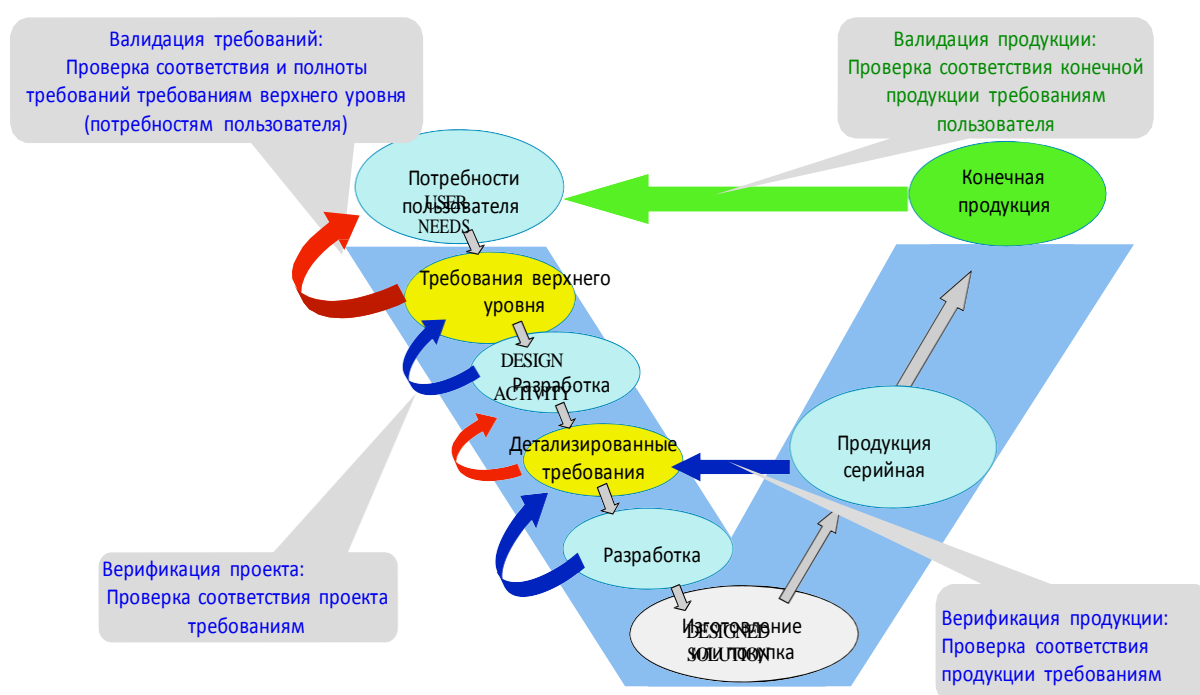


Рис. 3.1. Последовательность проектирования сложных продуктов в рамках системной инженерии

Основные шаги разработки системы (или продукта) на V-диаграмме показаны слева направо вниз (фаза декомпозиции) и далее вверх (фаза синтеза). Последовательный переход по 13 пронумерованным этапам отвечает следующим целям (раскрыто для практического применения читателем):

Этап 1. Комплексное техническое планирование (ИТР), где формируются планы процессов системной инженерии и разработки продуктов.

2. Управление требованиями, где определяются и управляются требования, которые описывают желаемые характеристики системы.

3. Функциональный анализ, где формируется описание функциональных характеристик (что система должна делать), которые используются для получения требований.

4. Этап синтеза системы, где реализуется преобразование требований в физические решения.

5. Стадия маркетинговой оптимизации – на основе вышеперечисленных результатов помощь со стороны рыночных структур в выборе вариантов на основе анализа и отбора наиболее сбалансированных требований.

6. Управление интерфейсами, где инженеры определяют и управляют взаимодействиями между сегментами в рамках системы или взаимодействиями с другими системами.

7. Активная фаза специализированной (тематической) инженерии, где конструкторы анализируют системы, требования, функции, решения и/или интерфейсы с использованием специальных навыков и инструментов. Выполняются проверки в получении требований, синтезе решений, выборе альтернатив, а также валидации (то ли мы сделали) и верификации (так ли это работает) требований.

8. Выполнение целостностного анализа предыдущих результатов, для проверки обеспечения требуемого уровня точности и аккуратности.

9. Этап управления рисками, где исполнители определяют, анализируют и управляют неопределенностями достижения требований программы путем разработки стратегий для снижения степени или вероятности таких неопределенностей.

10. Стадия управления конфигурацией, когда конструкторы устанавливают и поддерживают согласованность и управляют изменениями в характеристиках системы, функциональных и физических свойствах через изменение состава изделия.

11. Этап проверки (валидации) и контроля (верификации), где исполнители выполнением проверки определяют, что требования к системе являются правильными. Далее путем контроля определяют, что реализованное решение отвечает утвержденным требованиям.

12. Фаза инженерии жизненного цикла продукта, где конструкторы определяют и управляют требованиями к свойствам жизненного цикла системы, в том числе управлением материальной частью, развертыванием и передачей, интегрированной поддержкой логистики, эволюцией самообеспечения/ технологической, выводом из эксплуатации и утилизацией.

13. Стадия поддержания процессов системной инженерии, где команда проекта ведет управление и обслуживание процессов для удовлетворения целей производства продукта. Продолжается разработка навыков и стандартизации для постоянного улучшения результативности и эффективности процессов и инструментов системной инженерии.

Попытаемся раскрыть наиболее важные детали вышеприведенных этапов в виде последовательных инструкций.

Процесс исполнения проекта должен быть углубленно разработан и досконально документирован по шагам. Реализовать их будет интегрированная команда проекта, куда включаются специалисты разных направлений: конструкторы, производственники, эксплуатационники, технологи,

маркетологи и др. По мере продвижения проекта состав команды должен адаптироваться к текущим этапам работ.

На стартовом этапе каждого большого проекта ведется тщательная работа с требованиями к изделию. Требования формируются на основе прогнозирования развития характеристик продукта, конкурентных данных, возможностей предприятия и др. В этом разделе скрыт рыночный успех будущей модели, ее экономическая эффективность, баланс между затратами на новшества и скоростью их успешной реализации.

После определения основных целей программы и этапа «завязки» объекта (аналог отечественного Технического предложения) проводится маркетинг и сбор заказов на предложенную модель для проверки реакции рынка. В роли Заказчиков выступают как авиакомпания, так и лизинговые финансовые структуры. При наличии достаточного для окупаемости проекта числа предварительных заявок дается старт основному этапу реализации проекта.

Этот этап разработки изделия характеризуется общей работой всех основных участников интегрированной команды проекта (проектировщики, технологи, поставщики, производственники, специалисты по системам, экономисты, логистики, представители эксплуатации и др.), т.н. фаза «плато» («*Plateau phase*») в компании Airbus. Принципиально, что несмотря на отлаженную технику работ в системе удаленного доступа, на плато собирают всех участников вместе физически. Здесь происходит обсуждение и принятие основных решений, которые далее лягут в основу всех чертежей и компоновок.

На этой фазе участниками команды четко будут расписаны сроки начала и окончания этапов, рабочие процессы и процедуры, примерная численность исполнителей, исходные данные и ожидаемые результаты по шагам программы. Разработанные рабочие процессы дублируются по уровням для организации итераций на тех точках проекта, где возможны ошибочные или уводящие в сторону решения. Все проектные решения имеют три «уровня зрелости» проработок, т.е. заранее определенные итерации с конкретными задачами, когда конструкторы последовательно переходят от осуществления большого количества упрощенных проработок к углубленному минимальному количеству детальных расчетов и конструирования компонентов и узлов.

В вышеописанном процессе имеются определенные особенности управления работами. Методология *управления проектами*¹ сегодня широко известна в РФ (благодаря многочисленным учебным курсам, где слушателям выдают сертификат владения суммой профессиональных знаний по управлению проектами - американский стандарт PMBoK или аналогичные), но в конкретной практике авиастроительной индустрии РФ применя-

¹ Подробнее см. главу 7

ется с существенными упрощениями. К тому же, менеджмент управления инженерными проектами имеет отраслевые особенности.

Приведем пошаговые инструкции для возможной практической реализации управленцами опыта работы грандов авиастроения. Построение команды авиационного проекта начинается (укрупненно) с установления правил взаимодействия внутри проекта, так как проектное управление требует согласования большого количества регламентов работ для всех участников проекта. Примерный перечень организационных документов большого авиационного проекта в целом включает следующие материалы (для формирования единой информационной платформы для участников работ):

1. Общие положения программы (структура, участники, роли, сроки).
2. Контракт на работу (обязательства перед Заказчиком).
3. Организация проекта (участники, роли, взаимоотношения).
4. Корреспонденция и информация (правила обмена и рассылки).
5. Совещания и доклады (отчеты по этапам проделанной работы).
6. ИТ ресурсы (компьютеры и программы, применяемые участниками, методология организации единой информационной платформы).
7. Вопросы планирования и управления стоимостью.
8. Регламент по графикам отдельных работ - построение и контроль.
9. Человеческие ресурсы, программы необходимых тренингов.
10. Процедуры лицензирования и сертификации (процессы, правила, программы работ).
11. Организация системы менеджмента качества – поддержка и контроль.
12. Вопросы инженерного сопровождения подготовки производства.
13. Процедуры и контроль проведения изменений проекта (управление конфигурацией изделия).
14. Закупки ПКИ (требования, тендерные процедуры, контроль, и др.).
15. Вопросы организации транспорта, доставки крупных узлов, отгрузки, логистических процедур.
16. Организация производственных цепочек, взаимодействие подрядчиков.
17. Детализация процедур изготовления и сборки изделия (поузловые, окончательная сборка).
18. Поэтапные проверки компонентов перед передачей Заказчику.
19. Вопросы эксплуатации и обслуживания изделия.
20. Поддержка продукта в эксплуатации (снабжение запчастями, наборы инструментов и деталей, процедуры ТОиР).
21. Сборник – применимые в проекте Законы, Стандарты, регламенты.

Вышеприведенный набор документов может дополняться и изменяться, в зависимости от типа работ и традиций компании-интегратора.

В частности, на стадии проектирования изделия удобно использовать следующие документы (входящие в вышеприведенный перечень, но адаптированные к соответствующим работам):

- описание проекта, структура и объем работ (разбиение по трудоемкости);
- план исполнения работ;

- график проекта;
- организация проекта (команды, управление, контроль);
- коммуникации по проекту и управление документооборотом, система кодирования документов и чертежей;
- применимые процедуры, программные средства и нормы;
- применимые законы и регламенты;
- список поставок проекта (результатов работ);
- перечень документов, которые должны быть утверждены Заказчиком;
- график аудитов Исполнителей;
- список документов/исходных данных, поставляемых Заказчиком;
- план качества проекта (для примера см. Приложение П 1.3);
- процедуры бухгалтерского учета/счетов проектов;
- планирование ресурсов проекта;
- план субподрядных работ;
- процедуры обеспечения безопасности данных проектных работ;
- процедуры соблюдения конфиденциальности материалов работ;
- технологии обработки/контроля материалов работ;
- шаблоны форм проекта (всех массовых документов и чертежей).

Наличие в работе над проектом набора перечисленных документов заметно упрощает организацию работ большого коллектива с привлечением ряда подрядных организаций. По всем основным процессам сформированы общие планы, информация доступна, изложены правила работ, даны шаблоны документов, и т.д. Следует отметить, что после завершения первого проекта разработанные регламенты совместных работ могут повторно использоваться с минимальными доработками.

3.2. Организация параллельного инжиниринга

3.2.1. Исходные положения

Как говорилось в разделе по маркетингу, для нового типа ВС критично снизить стоимость разработки процессов проектирования и производства продукта, в конечном счете, выходя ранее на рынок и снижая цену изделия.

При проектировании необходимо удовлетворять ряду позиций, таких как соответствие требованиям Заказчика, регламентам летной годности (надежность, безопасность, характеристики, эксплуатационные особенности, цена стоимости обслуживания, экология и др.). Есть проекты, включающие до 1 000 000 чертежей при разбиении на 70-90 основных систем, при нескольких сотнях единиц оборудования самолета. Управление таким объемом данных должно давать возможность отслеживания всех данных в соответствии с ТЗ¹.

¹ Это – цель т.н. *управления конфигурацией* объекта (подробнее см. п. 8.3).

Приведем следующую цитату¹:

«Следует учитывать две основные особенности процесса проектирования:

- На ранних этапах (концепция, осуществимость, предварительный проект) работа отличается большим количеством взаимодействий участников и значительным числом итераций. Число степеней свободы проекта здесь велико и должно строго контролироваться, чтобы не «заморозить» конструкцию раньше времени. Конфигурация объекта может заметно меняться. При этом объем работ (глубина проработки) достаточно ограничен (сравнительно с общей трудоемкостью темы).*

- В последующей фазе разработки уже выбраны основные проектные решения, ограничены степени свободы, контакты с производителями удлиняются, трудоемкость этапов возрастает для уточнения облика продукта и деталей производства. Изменения проекта на этой фазе становятся очень затратными.*

*Поэтому взаимодействие участников при решении задач является критическим, работа команд проекта подчинена реализации перечисленных особенностей этапов».*²

Управление разработкой сложного продукта должно быть организовано на основе обеспечения доступности данных для всех команд и для каждого в команде. Нужно разбить продукт на соответствующие части (геометрические, функциональные), позволяющие максимально независимо проводить параллельные работы. Пример разбиения работ по секциям самолета показан на рис. 3.2. (там же показаны страны-исполнители).

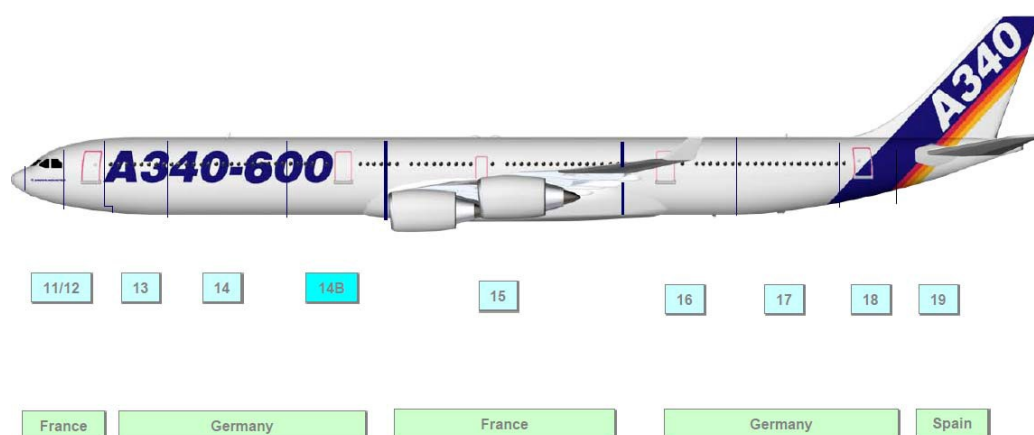


Рис.3.2. Пример разбиения ВС на секции между подрядчиками (Airbus)

¹ Цит. по «CONCURRENT ENGINEERING DEVELOPMENT AND PRACTICES FOR AIRCRAFT DESIGN AT AIRBUS, Thierry Pardessus, EDK, AIRBUS S.A.S. 2004»

² Подробнее см. в п. 3.2.2.

Мощным инструментом разработки новых изделий, учитывающей требования сегодняшнего дня, является *параллельный инжиниринг*), развиваемый при посредстве новых программных средств и методов управления проектированием¹. Целью является снижение длительности и стоимости проектирования. Необходимо координировать разнотипные (мультидисциплинарные) проектные работы, устанавливать правила совместной работы участников и управлять ими, минимизировать возможность принятия ошибочных решений.

Элементы данного подхода применялись на практике достаточно давно, в том числе в ряде КБ в авиастроении СССР. При разработке новых изделий на первом этапе собирали ряд специалистов разного профиля для определения требований к продукту по рынку, по технологиям и материалам в производстве, по особенностям эксплуатации. При этом обсуждались возможности параллельного проведения работ групп конструкторов с формированием командных заданий, определением необходимых точек пересечения интересов и принятия решений. Можно вспомнить, каким шагом вперед явился выполненный в упомянутой схеме проект самолета Миг-21 по сравнению с Миг-19. В частности, после обсуждения со специалистами в сфере технического обслуживания и ремонта в конструкцию самолета были введены улучшения. Трудоемкость обслуживания в эксплуатации была сокращена в несколько раз при более высоком техническом уровне продукта.

В последнее десятилетие параллельный инжиниринг получил решающую поддержку со стороны информационных технологий, что придало его развитию новое качество. Важнейшим шагом в процессе развития параллельного инжиниринга стало освоение трехмерного *электронного макета изделия* (ЭМИ, определения см. в ГОСТ 2.051, 2.052, 2.053-2006), используемого командами проекта совместно 24 часа в сутки. Это означает, что проектные команды работают над электронным макетом ЭМИ одновременно (ряд работ у европейцев реализуется в параллельном режиме в реальном времени, а в индустрии США часто используют смещение временных поясов между географическими зонами расположения субподрядчиков).

Совместная работа с ЭМИ групп специалистов существенно снижает время проектирования и затраты. Электронный цифровой макет изделия становится средоточием информации о продукте. Он создается и управляется системой *управления данными о продукте* (Product Data Management, PDM), которая поддерживает выпуск чертежей и управление конфигурацией изделия. Создание и распространение таких технологий (подробнее см. гл.8) позволило упорядочить и ускорить шаги технологии параллельного инжиниринга. Возможности таких компьютеризованных систем позволили в процессе конструирования избегать дублирования данных, легко

¹ В книге под «инжинирингом» будем понимать сферу деятельности по созданию технических систем.

находить ошибки в проектных разработках, в том числе на стыках работ разных команд (контроль интерфейсов), ускорить обмен данными между группами разработчиков, например, между конструкторами и прочнистами, увязывать размещение деталей в ограниченном объеме, быстро и качественно передавать данные в производство и др.

При параллельном инжиниринге необходимо синхронизировать разные активности и держать под контролем цикл работ текущего этапа, особо обеспечив контроль интерфейсов (стыковочных мест) в разных частях проекта. Реализуется создание изделия в интегрированной команде проекта (одни работают над структурными частями конструкции, другие - над общесамолетным оборудованием, третьи занимаются электрическими цепями, четвертые проводят расчеты на статическую прочность, и т.д.).

Важнейшими факторами организации работ с макетом ЭМИ являются пре-квалификация и обучение участников (т.е. прием в команду проекта только специалистов, знакомых с используемыми в проекте регламентами, технологиями и способами работы). Проводится постоянный мониторинг информации о конфигурации продукта. В процессах сначала определяется идея, принимаемая к реализации, далее выбирается метод работы, и далее инструмент. Необходимо контролировать кооперацию проектных команд, планировать цели для каждой группы, обмен данными между участниками, процесс проведения изменений конструкции со своевременным информированием всех сопричастных конструкторов. Также следует максимально учитывать вопросы интеграции проекта, держа в поле зрения общий поток работ, повышать качество процессов, одновременно сокращая стоимость работ по проекту.

Синхронизация работы команд в проекте достигается использованием системы *ворот принятия решений, гейтов* (gates, см. раздел 7.2.3.) через общие видимые цели проекта, когда для перехода от этапа к этапу должен быть выполнен фиксированный объем работ и проведены процедуры проверки полученных результатов. Стандартная модель жизненного цикла самолета (и других высокотехнологичных продуктов) включает пять основных этапов (в компании Airbus каждый этап включает несколько гейтов, рис. 0.1):

- M0 – M3: замысел, возможность продвижения на рынок; Feasibility.
- M3 – M5: концептуальный проект; Concept.
- M5 – M7: технический проект; Definition.
- M7 – M13: подготовка производства и сертификация; Development.
- M13 – M14: серийный выпуск и эксплуатация; Series.

При планировании численности конструкторских (людских) ресурсов необходимо учитывать пиковые потребности в них на некоторых фазах проекта. Первый всплеск приходится на фазу после этапа M5, и второй, даже больший, после M6, когда полный комплект документации (РКД) должен быть поставлен для разработки и изготовления технологического оборудования под производство.

Каждая веха реализации проекта должна быть расписана в терминах ожидаемого содержания результатов, и участники должны точно знать необходимый объем работ. При переходе от продукта к продукту специфика программы может потребовать перестройки организационной структуры и планов, причем в жесткие сроки.

3.2.2. Три уровня электронного макета изделия

Параллельный инжиниринг (ПИ) как технология определяется не столько используемыми программно-аппаратными средствами, сколько техническими процессами и организацией работ, под которые уже разрабатывают методы и инструментарий.

При запуске работ в начальной стадии проекта и ознакомления с процессами проектирования, компания-интегратор организует совместный этап разработки (упомянутая выше фаза “*Plateau*” в Airbus). Команды разных направлений (инженеры, интеграторы, производственники, обслуживание, закупки...) должны быть собраны вместе на некоторый период (от 3 месяцев до 1,5 лет в зависимости от сложности задачи) для быстрого и эффективного принятия базовых решений. В некоторых источниках используется термин «Интегрированная команда проекта». Каждый специалист, вовлеченный в проект, должен знать свои функции. Должен быть расписан детально алгоритм принятия решений по концептуальным позициям проекта и их минимально необходимое количество в ходе работ. В процессе участвуют риск-разделенные партнеры для оптимизации решаемых ими задач. Целями этапа являются вопросы запуска функционирования процесса создания продукта: принятие базовых решений, соглашения об инструментах, формате данных, требований, критериев, особенности коммуникации, и др. Тогда же производственники предварительно определяют операции для линии конечной сборки и конфигурацию помещения с его наполнением, а эксплуатационники изучают особенности обслуживания будущего самолета в аэропорту. Очень важна на этой стадии роль модераторов (управляющих ходом работ), обычно это представители компании-интегратора, так как в ней формируются требования к продукту.

Команды далее смогут работать параллельно, если они знают в любой момент статус проектируемого продукта, т.е. единую информацию согласно требованиям разных пользователей. Это обеспечивает ЕИП – *единая информационная платформа* проекта. Упомянутый ранее ЭМИ (электронный цифровой макет по ГОСТ 2.052-2006) содержит все необходимые сведения для участников и является основой данных проекта (и для разработки, и для производства).

ЭМИ определен как организованный пакет данных в соответствии со структурой продукта проектирования, который описывает и управляет организацией комплектов документации, служит для управления конфигурацией продукта. ЭМИ также соответствует текущему этапу жизненного

цикла продукта и включает обычно три уровня проработки согласно конкретным стадиям ЖЦИ.

В процесс проектирования ЭМИ трех уровней встраивают следующим образом. Исходной для проектирования является Мастер-геометрия обводов ВС. Этот начальный макет используется для первичных компоновочных решений по продукту и включает: все внешние формы самолета или секции, основные геометрические сведения о силовом наборе – рамы, стрингеры, ребра и лонжероны, важные интерфейсы, все системы координат, необходимые для позиционирования подборок между собой, общие виды. Далее проводится трехстадийная разработка «проектных решений», когда по всем основным местам конструкции разрабатываются эскизные компоновки. Проектные решения представляют комплект эскизов и упрощенных чертежей для изучения и определения конструкторского исполнения конкретных мест в соответствии с инженерными требованиями. При переходе снизу вверх от уровня к уровню идет детализация масштабов решений от самолета в целом к деталям и компонентам.

На первом этапе проводится вариантный отбор приемлемых конструктивных схем (для определения последующих разработок применяются соответствующие критерии отбора: вес, прочность, технологичность в производстве, ремонтпригодность, стоимость, возможности унификации). На втором и третьем этапах соответственно уменьшается число вариантов и возрастает глубина проработки конструкции. По трехмерной модели считают запасы прочности структур ВС, и при выявлении несоответствий требуется либо уточнить матрицу нагрузок, либо укреплять конструкцию, либо изменить проектное решение.

Одновременно данные решения проверяются на следующей стадии ЭМИ-2 (пространственного), который развивает мастер-геометрию и служит для проработки использования допустимого пространства внутри самолета при его заполнении конструктивными элементами, определения расположения реальных систем и частей оборудования, проверки их взаимной увязки.

ЭМИ -2 определяется трехмерными моделями частей, позиционированными в пространстве, причем, система PDM следит за соблюдением связи между геометрией и конфигурацией продукта. Инженеры проверяют взаимную предустановку частей, систем и оборудования, удобство их монтажа и обслуживания. Тот же макет используется для проектирования и изготовления производственной оснастки. ЭМИ-2 состоит из упрощенных трехмерных моделей, используемых на стадиях ЖЦ от М3 к М7, его данные используются для расчетов на прочность. Этот объект все еще не содержит многих мелких подробностей деталей и частей. При переходе от уровня к уровню макета проводится уточнение и детализация по компонентам.

Следующим важным этапом проектирования является пространственная увязка расположения систем, частей и деталей, уточнение возможности сборки при производстве, а также интерфейсы, которым придается большое значение. Выделена позиция менеджера контроля интерфейсов, т.е. мест стыковки и совместного функционирования элементов изделия, где соединяются либо части, спроектированные в разных отделах компании, либо части изделия, выполненные внутри и вне компании (в рамках заказов по аутсорсингу). Для интерфейсов проверяют детальные размеры, принадлежность соединяемых частей, разметку отверстий и типы крепежа, особенности стыковки систем, указания по производству и сборке. По каждому интерфейсу выпускается отдельный документ проекта, где расписаны все детали соединения слева и справа, функции, требования и особенности контроля, что далее реализуется в соответствующих местах ЭМИ. Важность стыковочных мест связана с организацией разделения и последующей интеграции работ между разными проектными организациями, разными используемыми инструментами автоматизированного проектирования, разными производственными подразделениями, каждое из которых имеет несколько отличающиеся типовые приемы работ при изготовлении, а также разный состав производственного оборудования.

На базе 3D моделей макета второго этапа ЭМИ-2, после «замораживания» (утверждения всех проектных решений и запрещения дальнейших изменений) конструкции, выпускается рабочая документация, которая передается намеченным производителям для согласования и доработки технологий производства. Компоненты документации РКД включают 3D модели и сборки согласно ЭМИ-2, производственные чертежи, спецификацию (перечень ПКИ и график поставок), ИИ - извещения об изменениях, алфавитную базу данных проекта для справочных нужд.

Скорректированная документация РКД служит основой для разработки третьего (финального) макета ЭМИ-3 (справочная геометрия). Этот макет строится в завершающей стадии конструирования на основании производственных чертежей и служит справочным источником поддержки ЖЦ ВС для стадий производства, эксплуатации, при разработке модификаций. Также ЭМИ-3 включает базу сертификационных расчетов на прочность, сборник требований по установке систем и оборудования.

Производственные подразделения используют комплект документации, который имеет соответствующее единое кодирование (нумерацию чертежей), позволяющее в минимальном количестве цифр изложить всю необходимую информацию о детали.

3.2.3 Задачи освоения технологий параллельного инжиниринга

Электронный макет изделия ЭМИ сейчас служит главным инструментом общения инженерных команд и фундаментом диалога конструкторов с производственниками. Вокруг него строятся регулярные совещания по статусу проекта, служащие для валидации (проверки) промежуточных результатов. Полностью исключено использование дорогих и затратных физических макетов, применявшихся ранее¹.

Технические достоинства применения электронного макета необходимо подкрепить организационными мероприятиями для обеспечения качества совместных действий. Внедрение современной системы параллельного инжиниринга среди соразработчиков изделия является непростой задачей и включает следующие фазы: разработка, развертывание ЕИП, собственно операции проектирования (две последние фазы реализуются в тесной взаимосвязи и во многом параллельно).

До начала реализации проекта необходимо провести большую подготовительную работу. Сначала следует собрать и учесть процессы, составив техническое задание (ТЗ) на возможности системы совместной работы, и перевести их в требования на оборудование и программные продукты, которые позднее будут освоены.

Далее, в начале практической фазы конструирования возможности системы делают доступными для пользователей, после проверки соответствия ТЗ опробуют в работе, с организацией тренингов и поддержки пользователей со стороны департамента информационной поддержки (обычно отвечает за инфраструктуру компьютерных систем и соблюдение регламентов совместных работ). Здесь же следует определить основные инструкции пользователям, приняв во внимание:

- Реальное состояние оборудования (наличие загрузки по проектам, компьютерное обеспечение и информационную систему),
- Необходимый уровень и количество тренингов,
- Стоимость и график развертывания ЕИП.

После ввода системы, проектные команды начинают работать по конструированию первого ЭМИ на фазе совместных проектных решений «plateau» с непосредственной поддержкой специалистов в области автоматизированного проектирования (CAD) и PDM, находящихся рядом с инженерами. Начальный этап характеризуется примерным соотношением одного обученного на каждые пятьдесят сотрудников. По мере обучения соотношение будет расти (особенно при изучении существенно новых функций).

Вокруг разработки ЭМИ необходимо организовать процессы технического контроля (регулярные по времени ревизии). В каждом разделе

¹ Впрочем, имеется информация, что после соответствующих ошибок на проекте A-380 для нового продукта компании Airbus A-350XWB снова запланировано изготовление физических макетов.

проекта должен работать один или несколько ЭМИ–интеграторов, в чьи задачи входит:

- Проверять правильность данных, поступающих в ЭМИ, особенно затрагивающих конфигурацию изделия, а также наличие связей файлов, необходимых для совместной работы.
- Проводить анализ проблем и подтверждать корректность ЭМИ (особенно после фаз интеграции), т.е. проводить проверки, что нет «коллизий» конструкции, нет аномальных данных, «наездов» деталей друг на друга.
- Управлять качеством данных ЭМИ, т.е. следить за соответствием действий участников работ регламентам общего пользования электронным макетом. Рекомендуется иметь выделенного сотрудника, занятого на этой конкретной позиции.
- Связывать параллельные виды деятельности вместо того, чтобы потом интегрировать их результаты.
- Встраивать управление работами внутрь процесса параллельного инжиниринга.

Одним из важнейших инструментов поддержания качества проектных работ является шаблон проверки выпускаемых документов и чертежей, так называемый "чеклист". Для проверки чертежей это относительно короткий список действий, каждое из которых должно быть обязательно сделано шаг за шагом по инструкциям списка. В чеклистах приводится не 100% описание проверяемых работ, а только самое существенное, что может быть упущено и приведёт к проблемам в использовании проверенных результатов. Обычно классические чеклисты (проверка чертежной документации) делаются и уточняются на основе анализа статистики компании.

Отладка чеклистов крайне важна (чёткость формулировки, применимость общей формулы к различным конкретным ситуациям, краткость самого списка). Чеклисты как воинские уставы, «написаны кровью», потому что, к сожалению, для качественной работы необходимо помнить всю нормативную документацию, все требования и вспоминать конкретные пункты в критической ситуации. При этом короткий чеклист будет выполнен. Возможно, по мере внедрения в инженерную и лётную практику чеклистов общество перестала волновать гениальность генеральных конструкторов, и их именами перестали называть самолёты, инженеры перешли к технологиям эпохи командной работы.

Как вариант, чеклисты применяют при переходе с одной из стадий жизненного цикла проекта к другой его стадии (система ворот или гейтов, п. 7.2.3). Дисциплина чеклистов выглядит очень бюрократической, но даёт положительные результаты. При практическом применении было любопытно отметить, что при неизменном тексте чеклиста смена человека, принимающего на основе этого списка документацию (применялся двойной контроль: сначала инженер от исполнителя, затем приемщик от заказчика), приводила к заметному изменению толкования требований. Одни больше

обращали внимание на существенные ошибки чертежа, другие отмечали дефекты в оформлении документа.

В РФ культура работы с чеклистами только начинает внедряться, несмотря на значительные улучшения (по сравнению с любыми другими менеджерскими и инженерными новинками) в поднятии качества работы.

Atul Gawande, автор книги "The Checklist Manifesto", <http://gawande.com/the-checklist-manifesto>, относит к чеклистам широкий спектр от "классического" для авиации листа проверок до графика совещаний строительного проекта, и любых других систематических процедур (например, списка проверок due diligence в инвестиционных фондах -- из 70 позиций), если прохождение всех пунктов этих графиков и процедур нужно декларировать публично, и есть дисциплина реальной проверки их прохождения. Он утверждает, что "наиболее эффективны среди инструментов управления в сверхсложных коллективных проектах дисциплинированно проходимые чеклисты, но это мало где признаётся, кроме авиации и проектного управления".

Ключом к успеху внедрения процесса параллельного инжиниринга является правильное управление переходом к работе по новой технологии. Человеческий фактор также приводит к сопротивлению изменениям. Необходимо тренировать (в разных количествах и в разной степени) много сотрудников (от разработанных специальных тренингов для конструкторов к изучению общих вопросов управления и стратегии для менеджеров), применять цифровые технологии, причем не документо-центрические, а дата-центрические (т.е. когда в центре внимания находятся наборы данных – тексты, чертежи, 3Д модели и др.).

Для отработки описываемых технологий компания Airbus реализовала две специальных программы, общей длительностью 7 лет. Первая называлась ENHANCE (ENHanced AeroNautical Concurrent Engineering) и была посвящена улучшению внутренних процессов в компании. Сюда же пришлось вовлекать и поставщиков (так как доля ПКИ в проектах достигает 60 %). Проект софинансировался Евросоюзом, занял 3 года, бюджет составил 40 млн. евро, участвовало в нем более 50 организаций.

Далее потребовалось выполнить еще один проект, VIVACE (Value Improvement through Virtual Aeronautical Collaborative Enterprise), который длился еще 4 года, при тех же 50 организациях-участниках и потребовал затрат 70 млн. евро. Менеджеры фокусировали работу на первых фазах проекта (описываемых в данной главе), и добивались удешевления стоимости за счет улучшения предварительного этапа проекта и сокращения длительности фазы разработки. В российской промышленности данный этап работ пока недооценен, и освоение CALS-технологий смещено на связь с производственными компьютерными системами. Не отрицая важности безбумажных технологий производства отметим, что, при небольшой стоимости этапа параллельного инжиниринга в общей цене программы, вес его в эффективности процесса создания изделия является решающим.

Основные направления внедрения параллельного инжиниринга на сегодня таковы:

- Развертывание технологий Системной инженерии,
- Разработка процессов для достижения согласованных целей и характеристик продукта,
- Максимальное использование цифрового моделирования на начальных этапах проекта (включая создание ЭМИ), чтобы получить продукт в соответствии с требованиями при минимальных затратах и рисках,
- Расширенное развитие интегрированных технологических процессов,
- Продолжение наполнения инженерной базы знаний разработчиков, с выделением наиболее значимых тем для применения (см. также главу 9),
- Оптимизация процессов и возможностей управления информацией,
- Развитие информационной среды с высокими характеристиками, полностью интегрированной с подрядчиками.

Как обосновано в гл.2, основным критерием оптимальности проектирования авиатехники становится не столько стоимость проекта, сколько сроки, качество, производительность и риски (time-driven, а не cost-driven проект). Общие вопросы собственно управления проектами подробно изложены в главе 7.

3.3. Экономические аспекты проектирования авиатехники

В СССР, а затем и в постсоветской России конструкторские бюро (КБ) были выделены в самостоятельные предприятия с государственным финансированием. Однако в связи с переходом на рыночную экономику, хозяйственная и финансовая деятельность многих из этих организаций стала неэффективной. Одним из парадоксов является продолжение функционирования ряда КБ как самостоятельных юридических лиц при их хронической убыточности и недогрузке, отсутствии линейки реальных проектов. Вместо повышения производительности труда, быстрого и качественного выполнения заказов путем применения автоматизации и информатизации, объединения команд разных направлений, КБ начали искать средства к существованию за счет т.н. «конструкторского сопровождения» объектов (иными словами, исправления своих недоделок за счет изготовителя), переоформления авторских прав, замыкания всего документооборота на себя. Как следствие, в процессы стали встраиваться посреднические структуры, что привело к снижению качества конструкторских работ, резкому увеличению затрат производителя на серийное производство и спаду спроса на продукцию. Пострадали производственные звенья, отвечающие за нормальную безопасную эксплуатацию продукта. Первые шаги после организации интегрированных структур в российском авиастроении – ОАК и ОДК – пока показали, что интеграция КБ в ближайших планах

не числится, хотя есть положительные примеры такой работы на примерах Airbus, Boeing, SNECMA и др.

Как обеспечивается устойчивое экономическое положение конструкторских подразделений за рубежом? Прежде всего, это именно подразделения производственных компаний, а редкостью являются независимые инжиниринговые фирмы. У Airbus и Boeing (а также у всех крупных фирм и подавляющего количества некрупных) программы разработки тщательно планируются и четко нормируются. Конструкторская задача оценивается в человеко-часах. Трудоемкости большинства типовых работ известны, из них складывается общая смета конкретного проекта. Налажен жесткий еженедельный контроль управления графиком работ, бюджетом, планированием загрузки сотрудника, контролируются списываемые на конкретную тему рабочие часы и персональный бюджет, отпущенный на работу.

Организация труда в КБ (как и в производственных подразделениях, подробнее см. главу 4) авиапромышленности РФ оставляет желать лучшего. Детальное планирование, производительность труда, результативность и качество работ не являются приоритетными. При распределении финансирования руководство предпочитает уравниательные подходы, при которых, в основном, сотрудники превращаются в обезличенную массу и предпочитают равняться на усредненный уровень.

Сегодня КБ-интеграторы по всему миру создают инженерные филиалы или находят подрядчиков для выполнения отдельных, как правило, завершенных заказов, в том числе достаточно крупных. Это своего рода научный аутсорсинг, примерами которого являются российские инженерные центры крупнейших самолетостроительных компаний мира (Boeing и Airbus) и двигателестроительных компаний. Разумеется, не следует путать эти инженерные центры с КБ-интеграторами. Кроме того, в отличие от российской практики, компании-поставщики в рамках сетевых структур также берут на себя значительную конструкторскую работу. Существуют специализированные КБ при производствах (оснащенные по типу материнского КБ): комплектовщики сами проводят конструкторские разработки, осваивают в производстве и поставляют готовый продукт головному производителю. Такие КБ максимально приближены к потребителю своей продукции – заводу, им проще привязывать разработки под те технологии, которыми оснащено производство. Из КБ-интегратора поступают лишь требования к компоненту и исходные данные, а компоненты рассматриваются как «черные ящики».

Разумеется, несмотря на кооперацию и широкое использование аутсорсинга, ведущие компании-интеграторы сохраняют контроль на основных направлениях своей деятельности, которые непосредственно влияют на общую эффективность и безопасность самолетов, являются жизненно необходимыми для сохранения их технических и коммерческих преимуществ, обеспечивают высокие эксплуатационные качества и надежность,

в том числе полную доведенность продукта при вводе в коммерческую эксплуатацию. Они выполняют определение облика самолета в целом, формирование концепции пассажирского салона и интеграцию бортовых систем, а также проектирование, сборку и оснащение самолетов, в том числе по индивидуальным требованиям заказчиков. Помимо этого специализированные центры компетенций компании-интегратора (CoC, Center of Competence) также проводят испытания главных и наиболее сложных компонентов планера, внедряют в производство новые технологии.

Экономическая эффективность проектирования авиатехники обеспечивается как технологически, так и организационно. Увеличение отдачи в расчете на одного сотрудника достигается широким использованием параллельного инжиниринга на основе информационных технологий: трехмерного проектирования, работы с электронным макетом изделия и крупных узлов (функционирование 24 часа в сутки, что позволяет использовать подрядчиков в других географических и временных зонах мира), информационной модели объекта, управления знаниями в сети Интранет (внутренняя сеть компании), многоступенчатой подготовки кадров¹.

Несмотря на большой объем загрузки по программам, инженерные подразделения «General Electric авиадвигатели» в настоящее время насчитывают чуть более 4000 человек, значительно сократившись по сравнению с 8500 чел., работавших в начале 1990-х. По оценкам за этот период производительность сотрудников инженерного звена увеличилась в четыре раза. Использование современных приемов работы дало значительный вклад в повышение производительности труда. Например, освоены системная инженерия и компьютерное моделирование.

Важными являются процедуры непрерывного повышения производительности труда, применение матричной организации проектов. От узкой специализации в инжиниринге ведущие иностранные компании уходят. Например, инженер-механик, проектирующий турбину, должен быть конструктором, прочнистом-расчетчиком, уметь работать с теплогидравлическими расчетами систем охлаждения (как это достигается, будет подробнее сказано в главе 9). При традиционной организации на аналогичной задаче были заняты минимум три разных инженера, с неравномерной по времени загрузкой (что ведет к удорожанию работ).

Неравномерность занятости персонала можно частично исключать гибким переключением: работа в отделе общих видов должна быть поддержана другими отделами на вторых ролях, разработка элементов крыла - в обратном порядке. На фирме есть эксперты с узкой специализацией, но они обслуживают несколько отделов одновременно в объеме обоснования выходного сертификационного комплекта рабочей документации.

¹ Подробности см. в гл. 8 и 9.

Рассмотрим еще вариант максимальной загрузки предприятия-поставщика. Например, компетенция небольшой группы инженеров по проектированию коробок привода агрегатов (КПА) вполне может быть распространена на все авиадвигательные программы РФ (за счет КПА и турбин низкого давления AVIO, бывшее подразделение FIAT, получает 2-5% оборота со всех крупнейших авиадвигательных программ в мире, а их более десятка). Проблема в наличии воли руководства, построении системы управления (быстро, качественно, дешево) и мотивации квалифицированного персонала. Объединение двигателестроительных КБ в один центр на базе ОДК сегодня необходимо и вполне возможно, с организацией работ в режиме удаленного доступа. Обособление фирм неэкономично, так как уровень укомплектованности набора необходимых специальностей на каждой из них невысок (по причине утраты кадров, по причине необходимости их обучения новым технологиям, из-за падения престижности профессии), а воспитание полноразмерного коллектива на каждой отдельной фирме приведет к недогрузке сотрудников, т.е. малорентабельно. Наличие специализированных команд, обслуживающих конкретный узел для разных программ (от проекта до эксплуатации), позволяет загружать такой коллектив существенно эффективнее, чем в большом КБ. Кроме того, недорогая узкоспециализированная стендовая база, наличие доступа специалистов к экспериментальным данным испытаний однотипных узлов большого числа разных изделий позволяет такой команде совершенствовать квалификацию гораздо быстрее.

Один из важных пунктов организации работ конструкторской команды (выполнение «портфеля» проектов) предполагает гибкое управление ресурсами (персонал, компьютерное оборудование и лицензии на инженерное программное обеспечение) в течение всего срока работ (как правило, на фирме ведется несколько пакетов проектных работ одновременно, со сдвигом по этапам исполнения). Переключение ресурсов с пакета на пакет должно быть запланировано заранее и подготовлено, потому что мгновенно увеличить или уменьшить команду конкретного пакета проекта не получается. Сотрудники заняты на других работах, либо к моменту завершения текущей работы и перехода на другой проект могут не успеть пройти необходимых типов тренировочных занятий для получения допуска к планируемой работе, поэтому перемещения персонала внутри конструкторского подразделения планируются за несколько месяцев (от 3 до 6).

Здесь уточним важный момент сочетания качества работ и обучения. При переходе с одного проекта на другой, в рамках такой организации, как Airbus, сотрудник, независимо от предыдущего опыта работы, проходит необходимые компьютерные тренинги, сдает зачет и получает доступ к ЭМИ – электронному макету общего пользования конкретного проекта. С одной стороны, необходимо освежить сведения по применяемым ИТ-инструментам проекта (исторически на фирме бывают в ходу разные

программные средства, которыми сотрудники владеют неодинаково), также важны особенности проектирования исходного продукта, если проводится его модификация. С другой стороны, необходимо подстраховать всех участников работы от непреднамеренного брака в работе кого-то из них на общем ЭМИ.

Важность данной процедуры допуска к работе можно проиллюстрировать следующим фактом. Группа российских сотрудников совместного предприятия выполнила работу за рубежом и по графику должна была там же приступить к следующей аналогичной работе с тем же программным ИТ-инструментом. В связи с дороговизной пребывания в заграникомандировке, российское руководство обратилось к Заказчику с просьбой допустить сотрудников к работе без проведения недельного тренинга, мотивируя запрос тем, что аналогичная работа только что успешно завершена данной командой. Ответ был таким, что правила едины для всех и исключений не допускается.

Другой пример воздействия экономических факторов на организацию работы специалистов и подразделений в направлении их более равномерной загрузки. После кризиса 2001 г. с целью минимизации затрат на содержание испытательной базы GE в г. Пибблс, шт. Огайо, США, было разработано и реализовано предложение занять сотрудников базы (в промежутках между плановыми испытаниями) на работах по сборке серийных двигателей.

3.4. Сертификация новой техники

Этап сертификации ВС служит инструментом подтверждения и обеспечения качества продукта. Выполняется цикл испытательных и расчетных процедур для пилотной партии изделий с целью подтверждения заявленных характеристик безопасности и ресурса. Важным исходным требованием этапа сертификации является то, что в программе летных испытаний должны быть использованы самолеты т.н. *серийного типа*, не отличающиеся друг от друга по производственным характеристикам. Этап включает программы сертификационных летных испытаний, расчетные исследования и испытания на статическую прочность образцов и планера самолета, ресурсные испытания для подтверждения начального назначенного ресурса самолета, сертификационные стендовые испытания в объеме, необходимом для получения *сертификата типа*.

По программе работ проводится набор сертификационных стендовых, наземных и летных испытаний по вопросам аэродинамики, прочности, гидромеханических систем, системы электроснабжения, силовой установки и топливной системы, систем жизнеобеспечения, шуму на

местности, программного обеспечения, послепродажного обслуживания, и другим вопросам, обобщенным в правилах АП-25. Кроме того, проводится работа по документированию процессов сертификации: оформляются т.н. CRI (Certification Review Item) – основной сертификационный документ, содержащий перечень проведенных обоснований для каждого из перечня требований, и CAI (Certification Action Item) – метод описания и регистрации исполнения пунктов сертификационной программы.

Современная организация сертификации сложной наукоемкой продукции отвечает тем же требованиям, что и ранее описанные этапы жизненного цикла. Широко применяется системный подход, жесткий набор работ и напряженный график их исполнения, что позволяет компаниям-лидерам уложиться в сертификационные сроки не более 2 лет. Широкое применение моделирования позволяет быстро оценить результаты сертификационных испытаний, внести при необходимости коррективы в конструкцию.

Интересно, что по предварительным оценкам, вышеупомянутая модернизация лайнеров 737NG потребует затрат на НИОКР в размере \$2,5-3 млрд., причем \$1 млрд. необходим только для адаптации модернизируемых лайнеров под сегодняшние сертификационные стандарты Федерального управления гражданской авиации США (FAA). Этот пример дает представление о характерной стоимости соответствующего этапа – подчеркнем, всего лишь для эволюционного развития отработанного в эксплуатации и самого массового в своем классе самолета.

Следует принимать во внимание, что сертификация типов воздушных судов является важнейшим видом "оружия" в борьбе за распределение долей международного авиационного рынка. Процессы сертификации российских воздушных судов для выхода на западные рынки идут с большими трудностями и растягиваются на годы. Приведем примеры¹:

«Понадобилось 7 лет для сертификации самолета Ту-204-120СЕ Европейским агентством EASA. При этом на грузовом варианте Ту-204-120СЕ установлен ряд зарубежных комплектующих: двигатели фирмы Rolls-Royce, система контроля двигателя фирмы Vibrometer (USA), генераторы фирмы Sundstrand (USA), гидронасосы фирмы Vickers (USA), инерциальная навигационная система, система TCAS, EGPWS (система раннего предупреждения близости земли) - фирмы Honeywell (USA) и др. импортное оборудование, уже имеющее сертификаты ("до установки на самолет") по авиационным нормам Евросоюза.

¹ См. Андрей Юргенсон. EASA сертифицировало самолет Ту-204-120СЕ // Авиа-Порт.Ру, 22.10.2008

В период с 2001 г. по 2008 г. был выполнен значительный объем сертификационных работ по нормам европейских правил JAR-25 по двум направлениям:

- *группы ART (группа поддержания летной годности, изучение системы сертификации в России, в т.ч. сертификации производства);*
- *группы валидации (группа изучения самолета и его систем, а также оценки соответствия нормам летной годности JAR-25).*

Работа 10 групп валидации включала три этапа:

- общее ознакомление с конструкцией и формирование Сертификационного Базиса JAA;

- углубленное изучение материалов по выбранным областям (полетные данные, прочность, конструкция, органы управления, оборудование и т.д.);

- третий, основной, этап включал в себя рассмотрение и согласование предлагаемых разработчиком самолета ОАО "Туполев" методов определения соответствия (MOC) с демонстрацией соответствия доказательной документацией и испытаниями самолета летчиком-испытателем EASA/JAA. Этап завершился в 2008 г.».

В СССР действовали "Единые нормы летной годности" (ЕНЛГ), значительно отличавшиеся от использовавшихся в США и Европе. Учитывая, что в мире существуют всего три основных системы сертификации - американская, общеевропейская (построенная на тех же принципах и весьма незначительно отличающаяся от американской) и советская, была принята гармонизация норм РФ и большинства стран СНГ в соответствии с американскими нормами. Однако согласованные процедуры распространяются только на российские самолеты, двигатели и оборудование которых были сертифицированы в США. Российская документация с требованиями летной годности, предъявляемыми к основным компонентам ВС (двигателям и оборудованию), не прошла гармонизацию с западными нормами и не была откорректирована подобно нормативной документации, содержащей требования к самолету (авиационные правила АП-23, АП-25).

Фактически, принятие в России норм летной годности, согласованных с западными нормами только для самолетов в целом, создало при выходе на зарубежные рынки такую тенденцию, что российская авиапромышленность превращается в разработчика и изготовителя летающих "платформ" под установку зарубежных двигателей и оборудования (примерами являются основные текущие проекты отрасли – SSJ, MC-21).

Процесс европейской сертификации самолета-амфибии Бе-200ЧС-Е выявил также отставание российской нормативной базы обеспечения подтверждения летной годности, методов и оборудования для проведения испытаний сложных интегрированных комплексов с использованием

программно-математического обеспечения для выполнения критических функций, таких как система электронно-дистанционного управления полетом самолета.

Трудности сертификации российских самолетов в европейском агентстве EASA, в частности, обусловлены еще и тем, что, в соответствии с внутренними процедурами EASA, при сертификации конкретного типа самолета косвенно принимается во внимание сертификация организационных процессов его создания. Таков современный подход к обеспечению качества продукции в узком смысле, т.е. ее бездефектности (см. п. 2.3): вместо того, чтобы проверять изделие (а такая проверка может быть чрезвычайно длительной, дорогостоящей и все равно неполной, в силу многообразия режимов применения), следует контролировать *процесс* ее создания, а также саму организацию-разработчика и производителя. Важнейшей особенностью европейской системы сертификации воздушных судов, создаваемых европейскими же компаниями, является обязательное условие к заявителю на получение сертификата типа самолета - наличие одобрения EASA конструкторской организации заявителя, т.н. DOA (Design Organization Approval). Европейские сертификационные власти справедливо полагают, что никакие технологические усовершенствования, современное оборудование, материалы не смогут обеспечить необходимое качество создаваемых образцов авиатехники без внедрения *формализованных методов и процедур ее создания*, согласованных с сертификационными властями.

С целью преодоления расхождений в вопросах организации процессов разработки, практического накопления европейского опыта в этой сфере, повышения степени доверия к продукции российских компаний со стороны европейских сертификационных органов и эксплуатантов, в соответствии с соглашением между EADS и ОАО "Иркут" в г. Тулузе (Франция) была учреждена принадлежащая российским компаниям уникальная конструкторская организация BISP (Beriev Irkut Seaplane). Принципы работы BISP отвечают требованиям EASA к построению европейских конструкторских организаций. Организация прошла процесс одобрения конструкторской организации DOA на соответствие требованиям ряда европейских нормативных документов. В 2010 году ТАНТК им. Бериева получил сертификат типа EASA на самолет-амфибию Бе-200ЧС-Е.

На сегодняшний день разработчики авиатехники и авиакомпании РФ в вопросах обеспечения безопасности полностью полагаются на отечественную систему сертификации летной годности и соответствия требованиям по защите окружающей среды, поддерживаемую усилиями Межгосударственного Авиационного Комитета (МАК). Однако, в новых условиях очевидно, что объем рынка РФ недостаточен для поддержания рентабельного производства авиатехники, и воздушные суда следует сертифициро-

вать по международным правилам тех стран, на аэродромы которых эта техника должна приземляться. В первую очередь, речь идет о взаимодействии с EASA, так как выпуск дальнемагистральной авиатехники в РФ в ближайшие годы не планируется. МАК анонсировал процедуру гармонизации российских и международных авиационных правил, однако десять лет работы видимых результатов не принесли.

Как говорилось ранее, наши разработчики имеют опыт сертификации по европейским правилам (изделия Ту-204СМ и Бе-200), для чего первым потребовалось 7 лет, а вторым 5 лет, что существенно дольше, чем у мировых лидеров авиастроения. Перед этим предварительно самолеты были сертифицированы по авиационным правилам РФ, т.е. большие потери времени при выходе на международный рынок сводят к нулю любые потенциальные преимущества российских продуктов.

На наш взгляд, необходимо ввести сертификационную структуру в состав ОАК и гармонизировать систему сертификации с EASA, на чем настаивает и сам Евросоюз. Имеется опыт работы компании BISP для сертификации самолета Бе-200. К сожалению, другие попытки европейцев вовлечь Российских авиастроителей в союз, основанный на общих стандартах, не приводят пока к результатам в основном по причине недооценки важности такого союза с российской стороны. Однако это может быть выгодно для обоих партнеров. Для Airbus в РФ привлекательны сильная школа конструкторских разработок, «долларовая зона» подрядчиков, потенциально емкий рынок. Для авиапредприятий РФ важно партнерство с лидером мирового авиастроения и освоение передовых компетенций, возможность расти вместе с развитием всей продуктовой линейки рынка, занятость производства.

Одной из проблем нынешнего этапа развития российского коммерческого авиастроения является отсутствие на рынке единого заказчика, в функции которого входит разработка и выдача ТЗ на новый самолет, прогноз необходимого количества самолетов данного типа в масштабах РФ и за рубежом, контроль исполнения работ по этапам. В данном разделе существенно, что ранее можно было сформировать сертификационную программу на основе набора требований Министерства гражданской авиации. Сейчас непонятны и продуктовая стратегия, и отношение потенциальных заказчиков к моделям, вступающим на рынок.

Среди задач ОАК на сегодня числятся выбор стратегического направления сертификационных работ по авиатехнике, формализация процессов и сокращение сроков сертификации новых изделий.

3.5. Анализ практического опыта проектирования авиатехники

В данном разделе на нескольких примерах проиллюстрирована практическая реализация вышеприведенных положений при создании авиатехники сегодняшнего дня.

3.5.1. Описание стартового этапа разработки нового изделия (на примере Airbus)

После того как сформированное компанией-интегратором коммерческое предложение получило одобрение потенциальных Заказчиков, принимается решение о начале разработки продукта (фаза МЗ на рис. 0.1). Изложим стартовый этап новой разработки по шагам.

- Организуются *комплексные проектные группы*, КПП (проектирование, производство, планирование, сертификация), состав которых устанавливается совместно с инженерными подрядчиками. Тщательно прорабатываются и оформляются *структура изделия PBS и разбиение работ по продукту, WBS*, т.е. планы работ по отдельным направлениям (пакеты проектных задач), перекрывающие весь объем конструкторских работ по ВС. КПП является ответственной командой для реализации технических решений под руководством главного инженера проекта, выделяемого по каждой подрядной организации. Членами КПП обычно являются:
 - конструкторы;
 - планировщики (подготовка рабочих инструкций, спецификации и т.д.);
 - конструкторы производственной оснастки;
 - проектировщики производственных процессов;
 - планировщики материалов и заготовок (частично);
 - специалисты по управлению производством, маркетингу, сертификации (частично).
- Готовится соглашение на использование совместно утвержденных программных средств, материалов, правил и процессов проекта.
- Разрабатываются интерфейс - документы. Документы проектных интерфейсов описывают в деталях распределение обязанностей между партнерами и планируемые результаты в отношении последующей сертификации.
- Выпускается план управления качеством (Приложение П 1.3). Этот план описывает процесс работ и согласованные специальные процедуры в отношении управления конфигурацией, управления чертежами, процесса передачи продукта в производство, подготовки работ и др. Частью этого документа являются доклад о распределении работ между партнерами и документ по интерфейсам (указаны конкретные места конструкции, правила разделения работ между партнерами на границе интерфейса, содержание документов, чертежей и др.).

- Готовится доклад-предложение о распределении работ по партнерам, описывают обязанности по проектированию, производству и сборке между партнерами в деталях. Все документы будут согласованы и подписаны всеми партнерами.
- Создается инженерный план проекта, который подробно описывает сроки и содержание результатов поставок, а также развитие процесса проектирования в терминах графика работ. Этот документ является неотъемлемой частью сводного Мастер-плана проекта (находится в зоне ответственности менеджерской команды).

Далее выполняют:

- формирование бюджетов на текущие инженерные работы;
- предварительное техническое описание как основу маркетинговой деятельности;
- выпуск организационных документов управления инженерными проектами организации:
 - выдвижение и утверждение прав и обязанностей членов КПП,
 - документ с описанием разделения работ на пакеты и интерфейсов между ними,
 - требования по подготовке управленческих кадров,
 - требования к сертификационной группе (чтобы начать при необходимости процесс утверждения проектных лицензионных требований DOA).

Кажущиеся простота и последовательность перечисленных этапов выработаны временем и позволяют обеспечить высокую эффективность работ и заданный уровень качества результатов.

3.5.2. Сокращение сроков создания авиадвигателей в GE

Одним из заметных примеров непрерывного улучшения процессов создания сложной техники является реализация программы сокращения в GE сроков создания коммерческих авиадвигателей с 54 до 36 месяцев¹:

«В 90-е годы цикл создания коммерческого авиадвигателя в General Electric составлял 57-58 месяцев, что было заметно дольше, чем проектирование нового самолета. С целью повышения конкурентоспособности и удовлетворения требований производителей авиатехники компания осуществила революционный переход на программу разработки гражданских авиадвигателей за 36 месяцев от замысла до завершения сертификации. После объявления инициативы руководства, на основе подходов системной инженерии была создана команда для разработки программы сокращения цикла создания изделия до 36 месяцев. Пересмотрены способы снижения рисков при разработке, сформированы надежные планы доводочных работ, которые бы облегчили и ускорили разработку продукта по

¹ См. Aviation Week & Space Technology, 10/21/2002

графику: 12 месяцев проектирования, далее 14 месяцев на изготовление первого двигателя для испытаний, и сертификация продукта за последующие 10 месяцев. Для успешного достижения цели в программу были введены определенные ограничения. Сформулированные процедуры, процессы и руководящие принципы, разработанные целевой группой, были объединены с "GE гейт-подходом", 10-шаговой системой контроля движения проекта (см. п. 7.2.3., аналог подхода использован в РФ при работе компании ГСС с консультантами Boeing над самолетом SSJ), через которую каждая из новых программ должна пройти до передачи в серию.

Ключевые пункты разработанной стратегии следующие.

- *Все технологии и материалы, необходимые для коммерческого продукта, должны быть разработаны и опробованы до старта программы.*
- *Все проектные цели, в том числе вес, стоимость, уровень эмиссионных выбросов, удельный расход топлива, даже графики работ, должны быть очевидно достижимы до запуска программы (опора на существующий научно-технический задел, двигатели-демонстраторы и др.).*
- *Все участники и поставщики должны быть определены перед запуском программы, и каждый из них должен быть полностью осведомлен о том, что им необходимо сделать для успеха программы.*
- *Технический проект конструкции двигателя будет начат только, когда все требования от самолета определены и зафиксированы. Эти же критерии действуют при выделении средств для разработки двигателя.*
- *Сертифицируемая партия двигателей (несколько единиц) должна быть идентична запланированному к серийному производству продукту и должна быть сделана на серийной технологической оснастке в производственном цехе.*
- *Планы сертификационных испытаний двигателя должны быть унифицированы во всех программах компании, при этом для полной программы испытаний используется шесть двигателей (ранее более 10). Каждый из тестовых двигателей имеет конкретные цели и четко определенное препарирование измерительными приборами. Например, двигатель №5 для испытаний в одной программе будет иметь ту же цель и то же измерительное оборудование, что и двигатель №5 в любой другой программе.*
- *Двигатели должны нарабатывать 14,000-15,000 циклов до вступления в эксплуатацию в целях раннего выявления и коррекции недоработок. Ранее изделия в сертификационный период нарабатывали 4,000-6,000 циклов, прежде чем новый двигатель поступит в серию.*
- *Все отчеты оформляются в стандартном формате (объем и форма выдачи данных) для удобства обработки и хранения материалов.»*

Первым двигателем, разработанным по данной технологии, был CF34-10, созданный за 40 месяцев от первой линии на чертеже до конца сертификации, и сданный в коммерческую эксплуатацию в 2005 г. Следует

подчеркнуть, что впервые в западной практике один из сертификационных тестов CF34-10 был успешно проведен на стенде ЦИАМ им. Баранова в РФ. Отметим, что данный двигатель не является развитием успешных моделей CF34-3, CF34-8, а разработан практически заново (на основе масштабированного изделия CFM56-7 с использованием апробированных ранее перспективных наработок).

Конкуренты (Rolls-Royce и Pratt & Whitney) также работают над ускорением цикла проектирования / разработки / сертификации, рассчитывая сократить время цикла создания новых двигателей до 30 месяцев в течение ближайших 3-4 лет.

В заключение по теме отечественного проекта ПД-14 процитируем заявления конструкторов РФ в 2010 г.

- Выступление одного из руководителей ОДК на выставке «Двигатели 2010»:

«В 2014 году мы должны иметь двигатель на крыле. Надо учитывать, что ПД-14 принципиально новый двигатель, в котором нет ни одного узла, в котором бы не было принципиально новых технологий проектирования и изготовления. При реализации проекта гражданского двигателя запущены в разработку и реализацию 16 новых технологий, в том числе принципиально новых, аналогов которых в России нет.»

- Интервью 2010 г. с Главным конструктором ПД-14 с сайта «Авиапорт»:

*«При создании ПД-14 вы делаете ставку на российские материалы?
– Это один из самых принципиальных вопросов. Мы закладываем в его конструкцию такой уровень материалов, который обеспечит конкурентоспособность. Поэтому мы работаем с новыми, но еще не сертифицированными российскими материалами. Примерно двадцать новых материалов – это огромный риск. Тем не менее, мы договорились с ВИАМ и ЦИАМ, подготовили финансовую платформу, покупаем оборудование, которое позволит производить и сертифицировать новые материалы по западным стандартам. Речь идет о расходах в размере нескольких миллиардов рублей, но другого пути нет.»*

Возможно, участники программы создания ПД-14 успешно справятся с внедрением 16 новых технологий и 20 новых материалов одновременно. В вышеизложенной программе GE запрещено использование для коммерческой разработки несертифицированных материалов и технологий. Российский и зарубежный опыт показывает, что необходимо определенное время, чтобы изучить в обращении новые материалы с улучшенными свойствами, накопить опыт применения, адаптировать технологические особенности материала, стабилизировать процессы его изготовления, снизить влияние производственных допусков, набрать статистические данные по чувствительности к повреждениям, и др.

Осторожность зарубежных авиастроителей объяснима. На кону стоят сотни миллионов долларов, успех программы. Наличие многих непроверенных инноваций в изделии часто критически затягивает период сертификации, потому что при доводке такого двигателя сложно разобраться, что привело к проблемам, и не всегда возможно быстро справиться с возникшими препятствиями. Один из примеров – сдвиг на несколько лет сроков поставки В-787.

Итак, налицо два различных подхода к созданию коммерческих высокотехнологичных авиадвигателей. Первый сопряжен с высокими рисками и неопределенными сроками завершения сертификации. Второй предполагает создание конкурентоспособного двигателя в жесткие сроки на основе известных материалов и решений (которые компания должна опробовать заранее, используя стенды, демонстраторы и др.). Далее вышедшую на рынок конкурентоспособную, коммерчески состоятельную версию можно в ходе эксплуатации модернизировать, улучшать, снижать вес и т.п. (об этом подробнее говорится в главе 5). Подчеркнем, что именно такой путь выбрала фирма, у которой ежегодно ведутся работы по 12...20 исследовательским программам развития новых двигателей, реализуются программы летных испытаний, сертификации самолетов с двигателями GE.

Ниже, в п. 6.2., будет подробнее рассказано о системе оценки уровня готовности технологий и производственной базы, позволяющей снизить инновационные риски и более надежно обеспечивать создание изделий с заданными параметрами в сжатые сроки.

3.5.3. Уроки создания двигателя НК-93

На протяжении 2010-2012 гг. издание «Аргументы недели» пыталось привлечь внимание к печальной судьбе отечественного авиадвигателя НК-93. Сформулируем особенности выбранной в Самарском СНТК еще в 80-х годах 20 века пионерской на тот момент схемы винтовентиляторного двигателя (с встроенным внутри редуктором), спроектированного, изготовленного в 1989 г. и прошедшего ряд испытаний на стенде, в том числе по определению акустических характеристик, и несколько испытаний на летающей лаборатории:

– Редукторный привод на валу двухрядного винтовентилятора позволяет турбине НД вращаться на оптимальных для нее более высоких оборотах (по сравнению с требуемой по уровню шума низкой скоростью вращения вентилятора) и снизить количество ступеней и её диаметр.

– Максимально снижена основная причина шума двигателя: скорость потока воздуха на периферии вентилятора. У классических ТРДД уровень окружной скорости 400-500 м/с. У НК-93 (и современного развития той же концепции, PW1000G) этот уровень за счет редуктора снижен до 280 – 350 м/с.

– Выбранный для двигателя высокий уровень степени двухконтурности привел к снижению удельного расхода топлива, что является одним из важнейших аспектов экономичности для современных авиадвигателей.

Испытания двигателя в 2008 г. были прекращены, несмотря на активную позицию ряда авиастроительных и общественных организаций.

Основные проблемы двигателя связаны, по нашему мнению, с ошибками начального этапа его разработки.

- Двигатель не был оптимизирован при выборе параметров (на этапе установления и утверждения требований). В процессе «завязки» нового изделия необходимо было оценить выбор величины степени двухконтурности, с точки зрения влияния на самый неисследованный и рискованный элемент – встроенный редуктор. Уменьшение степени двухконтурности приводит к некоторому увеличению потребного расхода топлива двигателя, но также и к снижению мощности, передаваемой редуктором, т.е. к повышению (потенциально) его надежности. Например, снижение степени двухконтурности от заданной 16:1 к 10:1 при выборе параметров дало бы ухудшение удельного расхода топлива на взлете всего на 0.7%¹. При этом снижение лобового габарита двигателя, установленного на самолете, возможно, компенсирует минимальную потерю расхода топлива из-за снижения лобового сопротивления.

Другим недооцененным фактором влияния степени двухконтурности на характеристики изделия является специфическое изменение соотношения тяги двигателя на взлете и на крейсерском полетном режиме. При выбранной сверхвысокой степени двухконтурности НК93 имеет на взлете тягу выше, чем двигатель ПС90, а на крейсерском полетном режиме – заметно ниже, т.е. формально не может быть конкурентом последнего.

- В связи с очень большим диаметром вентилятора НК93 (так, двигатель PW4098 для самолета B-777 имеет сравнимый наружный диаметр вентилятора 2850 мм и взлетную тягу в диапазоне 33-44 тонны по сравнению с 2900 мм НК-93 при тяге 18 тонн) необходимо было с самого начала проектирования прорабатывать установку такого нестандартного двигателя на разрабатываемые самолеты. Весьма вероятно, что в таком случае проблемы с центровкой громоздкого объекта могли привести к принятию своевременного решения о снижении степени двухконтурности до приемлемой при сохранении привлекательности двигателя, великолепных шумовых характеристик и снижении стоимости доводочных работ.

В 1995–2001 гг. ни одно из самолетных КБ не рассматривало возможность применения НК-93, т.е. расчетные обоснования, тип подвески, стыковки систем и др. Получился двигатель без самолета, и результат, к сожалению, закономерен. Так прорывный продукт, опередивший свое

¹ См. «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. (Изд. 3-е)», Сосунов В.А., Чепкин В.М. (ред.), Изд. МАИ, 2003 г.

время по параметрам, схеме и шумовым характеристикам, остался в 2012 г. невостребованным демонстратором.

В наши дни Pratt Whitney разработал серию двигателей аналогичной схемы PW1000G, где применяется редуктор для снижения оборотов вентилятора. По стечению обстоятельств, двигатель PW1400G этой серии выбран для российского перспективного самолета МС-21. Ряд зарубежных фирм усиленно работает в этом направлении. При этом более осторожный, эволюционный подход позволяет зарубежным фирмам продвигаться вперед по пути внедрения инновационных технологий и регулярно выводить на рынок изделия с существенно улучшенными характеристиками.

3.5.4. Центры иностранных авиастроительных компаний в России – экономика успеха

В последнее десятилетие в России функционируют инженерные центры ведущих иностранных высокотехнологичных компаний – Boeing, Airbus, Safran, GE, Schlumberger, и др. Они привлекают и воспитывают наши инженерные кадры, работают по российскому законодательству, организуют отдельные спецкурсы в профильных ВУЗах, выполняют достаточно сложные работы в рамках программ материнских западных компаний¹. Основная причина их создания проста - это экономически выгодно, учитывая высокий уровень подготовки российских кадров (для простых инженерных работ пока более предпочтительны для западных фирм центры в Индии и Китае). Казалось бы, упомянутые компании могли бы выгодно работать с существующими в РФ профильными организациями. К сожалению, подавляющее большинство наших авиационных компаний не удовлетворяет тем требованиям, о которых рассказано в этой книге, в том числе экономическим. Конечно, вышеупомянутые центры не являются полномасштабными КБ Boeing или Airbus, а занимают ниши инженерных субподрядчиков первого уровня (об этом делении сказано в главе 7). Коллективы получают заказы на конкретные части проектов и работают по методикам головной фирмы.

Бюджет инженерного центра, где работает от 30 инженеров и более, построен примерно так. Устанавливается стоимость человеко-часа для Заказчиков, допустим, 50 долларов в час (актуально на момент написания книги). Сюда входят все компоненты: зарплата (доля которой составляет около 50 %), налоги, стоимость аренды офиса, командировочные (длительные зарубежные поездки), компьютерная техника и программные лицензии сложных инженерных инструментов (доля около 10 %), другие

¹ См. также:

Корнеев А. Авиапрому нужны современные инженерно-конструкторские центры // публикации сайта «Капитал страны». 05.03.2013. <http://www.kapital-rus.ru/articles/article/225934/>

административные расходы, плановая прибыль 10-15 %. Количество рабочих часов в году для экономических расчетов принимается равным 1 500 (с учетом отпуска и коэффициента полезного действия 80 %). При этом средняя зарплата сотрудников может достигать до 2 000 \$ США, у ведущих специалистов до \$3 000–3 500 в месяц. Такие ставки позволяют в российских условиях работать безубыточно с хорошим уровнем зарплат всех инженеров.

К сожалению, эта экономическая сторона инженерной деятельности в РФ Airbus и Boeing никому не интересна, а в дискуссиях используется риторика о грабеже кадров Российского авиапрома.

Аналогичным аутсорсингом инженерного труда в разных масштабах заняты многие большие компании в Индии, Европе, Китае. Базовые решения по формированию исходных требований и облика продукта сторонним исполнителям не доверяют, однако объемную техническую часть проекта, которая может составлять до 70 процентов по объему документации, сейчас все компании-интеграторы отдают подрядным организациям (аутсорсинг). Это выгодно экономически, поскольку при рыночном тендере на конкретную работу снижаются цены на проект, специализация подрядчиков позволяет им повысить качество и скорость выполнения работы. Кроме того, такая школа весьма полезна как для молодых выпускников, так и для сотрудников среднего звена российского авиапрома. Однако, привлекать для российских проектов прошедших эту школу сотрудников компании РФ не спешат. Нередко российские фирмы не могут договориться с ведущими иностранными партнерами об участии в их программах или совместных работах, а в тех редких случаях, когда соглашения были достигнуты, следовал отказ российской стороны от инжиниринговых работ. Понытны лидерские амбиции недавно еще ведущей авиационной державы (речь о гражданских заказах), но отказаться от учебы – значит, отстать. О современной системе подготовки кадров для авиапрома будет подробнее рассказано в главе 9.

Важным аргументом для целей данной книги является принципиальная достижимость прибыльности инженерного труда на авиапредприятиях РФ при современной организации бизнес-процессов в компании.

ГЛАВА 4. ПОДГОТОВКА И ОСВОЕНИЕ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВИАТЕХНИКИ

4.1. Технологическая подготовка производства новых изделий

Переходим к последующим этапам жизненного цикла изделий авиационной техники. Зона ответственности конструктора распространяется до сдачи готового изделия заказчику (и на протяжении всего периода эксплуатации – вплоть до списания). В период освоения новая модель самолета переживает «детские» болезни: некачественная конструкторская документация (КД), неотработанная технология производства, недостаток оборудования, нехватка или неподготовленность персонала для выполнения новых работ, нестабильность финансирования. Технические трудности при постановке на производство новых самолетов встречаются регулярно. Приходится делать доработки на изделия, т.е. конструктивные изменения, вызванные разными причинами, проявившиеся только в серийном производстве, в ходе длительных испытаний или даже в эксплуатации (усиление центроплана В-787, силового набора крыла С-5 и Ту-154, и др.). Встречаются отклонения от КД, допущенные в производстве компонент и обнаруженные на этапе окончательной сборки. Такие вопросы приходится решать и в зарубежных программах создания самолетов В-787, А-380, F-35 и т.д.

Необходимо решать вопросы разделения рисков, в том числе финансовых, между разработчиком и производителем, многочисленными подрядчиками, при экономически правильной организации совместной работы над продуктом.

Автономия КБ как владельца сертификата типа приносит много неудобств производителям. Одним из основанных на зарубежном опыте решений является интеграция КБ в состав структуры, выпускающей изделия. Тогда разработчик будет связан интересами работы на конечный результат, т.е. будет заинтересован в том, чтобы производитель смог в срок произвести ВС, продать и обслуживать в эксплуатации, получая за это прибыль и будучи заинтересованным в снижении издержек при производстве.

За рубежом разработчик несет всю полноту ответственности за проданную документацию и финансово заинтересован, чтобы производитель выпускал бездефектную продукцию. Недавно компания «GE авиадвигатели» перешла на систему узловых центров Center of Excellence, CoE, где в одном месте концентрируется весь процесс от проекта до поставки на линию сборки серийного изделия работающего узла авиадвигателя (проблемы решаются по принципу единоначалия, по сравнению с ранее существовавшей неразберихой между конструкторами и производственниками по вопросу о том, кто виноват).

Сегодня российские КБ пока еще существуют как независимые юридические лица, слабо заинтересованные в процессе реализации продукции. Разработчик доводит конструкцию до кондиционного состояния за деньги производителей, при этом лишая их значительной части прибыли с продаж. Диктат разработчика – одна из юридических ошибок построения структуры авиастроения РФ. К сожалению, до сих пор эти идеи зафиксированы в основных документах отрасли, хотя поглощение КБ производителями набирает темпы. Как парадокс, отметим особенности сегодняшнего взаимодействия российских и украинских авиастроителей. Небольшие доработки украинских самолетов типа Ан-140, Ан-148 российскими производителями запрещены без согласования с разработчиком по российскому законодательству и разрешены по украинскому (где скопирована уведомительная система по образцу европейской EASA).

Объединение КБ и производителей в единую выпускающую компанию (в отличие от традиционного для нашего авиастроения разделения) является необходимым и естественным шагом. Сегодня в РФ уже функционируют объединенные авиастроительная и двигателестроительная корпорации, но внутри корпораций КБ с трудом интегрируются с производством. Заметим, что эти корпорации работают на сегодняшний день независимо друг от друга. Двигатели для пассажирских самолетов делают с участием Украины, для разрабатываемого МС-21 в качестве основного выбран американский двигатель, объявленный однажды тендер по пятому поколению изделий признан недействительным, второй раз его на момент завершения книги не объявили.

4.2. Современные технологии и организация производства авиатехники

Как упоминалось, количество выпускаемых в единицу времени ВС заметно влияет на их стоимость. При повышении серийности выпуска самолетов снижается удельная трудоемкость их выпуска. Факторы, определяющие экономическую эффективность серийного производства авиатехники, включают также снижение себестоимости комплектующих, отработку технологий, равномерную загрузку производства и повышение качества продукции. Поэтому требования к темпам серийного производства авиатехники на ведущих зарубежных предприятиях сегодня чрезвычайно высоки. Так, основные конкуренты на рынке гражданских ВС Boeing и Airbus подняли планку выпуска до 42-45 единиц в месяц с использованием линий конвейерной сборки, что, кроме решения технологических вопросов, подразумевает высокие требования к организации производства. Конвейерное производство требует отлаженной логистики поставок, автоматизации многих процессов, сбалансированного размещения рабочих мест вдоль конвейера, обеспечения качества и его контроля по ходу линии финальной

сборки, и др. Некотором из перечисленных аспектов мы уделим далее особое внимание.

При современной сетевой структуре высокотехнологичного производства, когда в изготовлении изделия участвуют сотни и даже тысячи поставщиков и субподрядчиков, расположенных по всему миру, перво-степенное значение приобретает логистическая инфраструктура. Компоненты должны поставляться в срок, по возможности – дешево (поскольку при большом количестве кооперационных связей соответствующие расходы становятся весомыми), а также – быстро, поскольку т.н. «запасы в пути» по своей экономической сути – такой же балласт для фирмы, как и запасы на складах, т.е. омертвленный капитал, не приносящий дохода, но требующий затрат. Как видно, все перечисленные требования противоречивы. Для увязки этих требований и построена современная логистика в авиастроении.

При начале серийного производства, основной заботой компании-интегратора становится проблема простоев из-за некомплектности. В большинстве подразделений время от времени отсутствуют как покупные комплектующие или материалы, так и детали и узлы от цехов-смежников из-за сбоя в поставках. Начинают сдвигаться вправо по временной оси все графики финальной сборки. Отказ ПКИ при отработке, его повреждение при монтаже, обнаруженный брак или несоответствие срывают сроки сборки. Для ритмичной работы необходимы опережающие поставки комплектующих, должен быть создан запас по всей номенклатуре деталей для сборщиков, материалов для механиков и заготовительных цехов.

На определенном этапе развития производства основное требование к поставкам формулировалось следующим образом: *Just in time* – точно вовремя. Со временем оно развивалось, и в настоящее время звучит как правило «7R» - нужный товар необходимого качества в необходимом количестве должен быть доставлен в нужное время и в нужное место нужному потребителю с требуемым уровнем затрат (английский текст для каждого из 7 пунктов правила начинается со слова *Right* – *product, quality, quantity, etc.*).

На рис. 4.1 показана загрузка специального грузового самолета А300-600ST «Белуга» для доставки частей самолетов компании Airbus на линию конечной сборки. Такой способ был признан наиболее экономически эффективным для транспортировки габаритных нестандартных грузов на внутриевропейские расстояния. При реализации логистических задач необходимо было затратить значительные средства, чтобы спроектировать, изготовить и сертифицировать грузовые самолеты специального назначения.



Рис. 4.1. «Белуга» под погрузкой

В Интернете можно найти дополнительные сведения об организации в Airbus сборки ВС¹:

«Авиастроительный завод компании Airbus в Гамбурге находится возле Гамбурга на берегу реки Эльба. На огромной территории, где работают около 19000 человек, кроме сборочных ангаров размещены также корпуса конструкторских бюро. Основные части фюзеляжа A320 выпускают в разных странах: хвост – в Германии (Гамбурге, Бремене); носовую часть – в Испании; элементы самого фюзеляжа – в Германии и Франции; крылья – в Великобритании. На транспортном самолете Airbus A300-600ST составные части будущего самолета перевозят на завод в Гамбурге. 4 таких самолета работают для заводов Airbus. В течение рабочего дня самолет делает до 3–5 рейсов между предприятиями. В самолет A300-600ST «Белуга» можно погрузить любые компоненты семейств A320, A330, A340.

Части фюзеляжа транспортируют в цех №1 для начального этапа сборки. Цех № 1 – сборочный цех для соединения частей фюзеляжа самолета между собой. В цехе производится сборка одновременно нескольких фюзеляжей.

В цехе № 2 происходит наполнение салона электроникой и другими системами. Все делается только вручную. Везде идеальный порядок и чистота. Каждый винт или гайка маркируется специальной полоской краски, которая позволяет увидеть при контроле, не раскрутилось ли соединение. Например, фрагмент электрического жгута притянут хомутами через каждые несколько сантиметров, что гарантирует стойкость к вибрациям. Организован специальный контроль качества и

¹ См. <http://www.rv.org.ua/country/chrtr/models/inostran/airbus/index-constructions.php>

огромный перечень тестов, которые проходит самолет на каждом этапе в процессе сборки. Именно безупречное качество сборки является залогом того, что самолет успешно прослужит срок эксплуатации, который составляет сейчас минимум 25 лет.

В цехе № 3 происходит соединение фюзеляжа и кабины с крыльями. Хвост в этом зале уже окрашен в цвета авиакомпании-заказчика. Составные части имеют разные оттенки зеленого цвета, что означает их страну-производителя (Германия, Испания, Англия, Франция), см. рис. 4.2.

В цехе № 4 выполняют монтаж двигателей, а в цехе №5 происходит покраска всего самолета. Проследим типичный маршрут узлов для финальной сборки A380. Передние и хвостовые секции фюзеляжа грузятся на судно, принадлежащее Airbus «Ville de Bordeaux», в Гамбурге, откуда они отправляются в Великобританию. Консоли крыла производятся в Филтоне (Бристоль) и в Бравтине (Северный Уэльс), и баржей доставляются в Мэстин, где их погружают на борт судна, ещё часть секций забирают в Сен-Назер (Франция), и после всего судно разгружается в Бордо.



Рис. 4.2. Цех № 3 Airbus для производства A320

Далее судно принимает нижнюю часть фюзеляжа и секции хвоста в Кадисе (Испания) и доставляет их снова в Бордо. Оттуда части A380 транспортируются на барже в Лангон (Жиронда), а затем по земле до сборочного цеха в Тулузе. Для доставки частей A380 были специально расширены некоторые дороги, построены новые каналы и баржи. После всего самолёты отправятся на линию финальной сборки в Гамбург».

Нормой в современном авиастроении являются бесстапельные технологии сборки планера. Еще одна важнейшая технологическая инновация

связана с производством элементов планера из полимерно-композиционных материалов, ПКМ. Обоими гигантами авиапрома осваивается применение композиционных материалов для фюзеляжа – изготавливаются большие детали из углепластика. Доля углепластика в конструкции постоянно увеличивается, достигнув, например, в лайнерах А-380 25 %. Уровень использования композиционных материалов в А350ХWB достигает 53 %. Остальное составляют литий-алюминиевые сплавы (19 %), титан (14 %), сталь (6 %) и другие материалы (8 %).

Увеличение доли композиционных материалов в конструкции современных самолетов дает сразу несколько преимуществ с точки зрения производственной технологичности. Переход на использование этих материалов в конструкции ВС меняет производственный процесс. Металлические элементы изготавливаются за много переходов, сначала в виде заготовок, с последующей окончательной обработкой. Композиционные детали необходимого размера изготавливаются за один технологический переход, доработок и подгонок не предусмотрено. Нужно оборудование, на котором можно точно изготавливать новые детали из углепластика. Процесс выпуска элементов из композиционных материалов примерно одинаков для компонентов любого размера и формы и включает в себя шесть основных этапов (что существенно меньше, чем для металлических деталей):

1. Укладка слоев композиционного материала с использованием высокоточного автоматизированного оборудования в пылезащищенной зоне;
2. Отверждение элемента из композиционного материала в большом автоклаве (сейчас разработаны и внедряются безавтоклавные технологии отверждения¹);
3. Обработка кромки и просверливание технологических отверстий;
4. Проведение неразрушающих испытаний с использованием ультразвукового оборудования для выявления дефектов изделия;
5. Установка креплений и других элементов;
6. Окраска.

Композиционные материалы имеют следующие преимущества по сравнению с алюминием и его сплавами:

- Усовершенствован процесс производства нового самолета, который стал значительно проще, существенно сократилось количество необходимых компонентов. Например, для производства металлического элемента фюзеляжа требуется 1500 листов алюминия и 40 000–50 000 креплений. В случае использования композиционных материалов это количество сокращается до одного элемента, то есть соотношение составляет 1 500 к 1 (не считая креплений). Процесс производства максимально автоматизирован, что дало возможность сократить количество персонала, вовлеченного в процесс.

¹ См. «Безавтоклавные технологии» // Журнал «Композитный мир», сентябрь – октябрь 2010, с. 28.

- Сокращен объем технического обслуживания самолета за счет того, что композиционные материалы меньше подвержены коррозионным изменениям.
- Улучшены эксплуатационные характеристики самолета. Самолет, построенный из композиционных материалов, имеет массу на 15-20 % меньше, чем аналогичный по размерам самолет, построенный из алюминия. Это обеспечивает более низкое потребление топлива и улучшение летно-технических характеристик самолета.
- Получены новые возможности при проектировании ВС. Например, так как композиционные материалы не подвержены коррозии, в салоне может поддерживаться более комфортный для пассажиров уровень влажности воздуха (15 % вместо нынешних 5 %).

Чтобы максимально использовать потенциал композиционных материалов в самолетах, инженеры должны быть в состоянии понять воздействие изменения конструкции на протяжении всего процесса производства и эксплуатации, цепи поставок; сократить проектные неопределенности и риски, а также полностью использовать новейшие технологии для конструирования и производства. Большая часть трудностей при сборке планера связана с необходимостью использовать крепеж для соединения частей, где возможны потенциальные отказы конструкции. Уменьшение при композиционной конструкции количества этих мест является одним из достоинств такого планера. Кроме того, облегчается управление изменениями, которые также в основном связаны с местами стыковки и продолжаются, по крайней мере, первые два-три года программы развития планера. С другой стороны, в деталях из углепластика существует риск повреждения корпуса самолета при столкновении с другими объектами (например, птицами). В процессе обслуживания нужны визуальные осмотры наиболее ответственных силовых элементов планера. Кроме того, необходимы новые технологии ремонта конструкций из композиционных материалов.

Решая совместно вопросы снижения трудоемкости производства и упрощения логистических операций при сборке самолетов, в компании Airbus на основании требований рынка ведут технико-экономические расчеты с тем, чтобы после 2012 г., когда выпуск семейства A320 будет составлять 42 машины ежемесячно, начать увеличение темпа сборки этих самолетов до 44 машин в месяц, а с 2015 г. кардинально увеличивать темпы вплоть до производства 60 самолетов A320 и A320neo каждый месяц. При этом потребуются модернизация и обновление заводов в Тулузе, Гамбурге и Тяньцзине, возможно, открытие линии окончательной сборки этих самолетов в США. Также придется решать вопросы, связанные с цепочкой поставщиков, для обеспечения столь высоких темпов производства новых самолетов.

4.3. Современная организация производственной кооперации в авиастроении

Лидеры мирового авиастроения применяют сегодня диверсифицированную систему распределения работ между специализированными исполнителями, используя многоуровневую сеть распределения подрядных работ. При этом важнейшим этапом организации производства перспективных изделий становится выбор поставщиков разных уровней. Далее приведены этапы алгоритма первичного выбора поставщиков, который применяют крупные компании в мировом авиастроении:

1. Ознакомление с техническими возможностями предприятия-поставщика, включая посещение его представителями Заказчика для оценки производства поставщика и заполнение информационной анкеты предприятия-поставщика.

2. Проведение официального запроса к поставщику на коммерческое предложение, с приложением технической документации на изделия, а также с описанием коммерческих условий и логистических требований к поставкам.

3. Выполнение анализа представленного коммерческого предложения и формирование ответа поставщику.

4. При положительном ответе по п.3, организуется более детальное знакомство с предприятием поставщика, Заказчик проводит аудит Системы менеджмента качества (СМК), при наличии сертификата стандарта ISO/EN9100. Заказчик согласовывает с поставщиками все вопросы качества изделий на пилотных образцах и партиях.

5. Формируется и согласовывается график подготовки производства и поставок, проводится заключение договоров на поставку. Часто Заказчик выкупает у поставщика спецоснастку в свою собственность (формы, штампы) и передает поставщику в безвозмездное пользование (преследуются цели централизованного контроля качества оснастки и возможность относительно быстрой замены поставщика при необходимости).

6. Начинается подготовка производства, производство пилотных образцов и партий, серийное производство и поставки (Заказчик заключает договоры на поставку на срок от 1 до 3 лет с предоставлением прогнозов по объемам производства на 1 год вперед и с точным заказом на 5 недель вперед).

Часто поставщик работает одновременно на конкурирующие фирмы, однако никто не протестует. Увеличение объемов производства поставщика благоприятно сказывается для Заказчиков на ценовой конъюнктуре и качестве поставок. По ряду позиций существует жесткая конкуренция среди поставщиков, что также позволяет регулировать цены контрактов.

Подготовка решения о выборе поставщика при использовании справочников Проектной Базы Данных (БД) проиллюстрирована в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Необходимая информация из базы данных

Заинтересованные лица	Критерии выбора	Необходимая информация из БД
Проектант	Техническая возможность изготовления оборудования по заданному ТУ	– Наличие мощностей. – Перечень выполненных проектов или номенклатура выпускаемой продукции
Менеджер службы Мат-ТехСнабжения	Возможность исполнения заказа на поставку оборудования (ключевые факторы эффективности исполнения заказа: – сроки, – качество, – цена)	– Загрузка предприятия (производственная программа). – Наличие ресурсов (специалисты, материалы). – Наличие лицензий на производство ВС. – Техн.документация (ТУ). – СМК (система менеджмента качества), – Возможности логистики (отгрузка, упаковка). – Ценник на производимую, аналогичную заказу, продукцию
Менеджер Коммерческого отдела	Возможность получения минимальной стоимости заказа (при долгосрочном сотрудничестве)	– Кредитная история производителя. – Баланс. – Потребность в инвестициях (для исполнения заказа)

Рекомендации компании Boeing по управлению поставщиками могут быть применены и в условиях РФ:

- процесс управления поставками должен быть регламентирован;
- планирование поставок должно быть увязано с планом производства;
- требуется раннее вовлечение Поставщиков и управления поставками;
- необходим тщательный отбор поставщиков;
- следует привлекать Поставщиков к Комплексным решениям проекта;
- должны быть налажены взаимоотношения с поставщиками;
- целевыми факторами для поставок являются доступность и стоимость;
- необходимо учитывать требования Поставщиков;
- должно быть организовано управление конфигурацией изделия;
- следует наладить обзор метрик и эффективности работы поставщиков;
- участникам должны быть доступны встроенные расписание и бюджет закупок;
- целью является улучшение качества работы поставщиков;
- необходимо организовать управление Поставщиками последующих нижних уровней;
- должно быть налажено управление рисками, проблемами и возможностями при поставках;

– следует проводить непрерывное совершенствование деятельности Поставщиков;

– требуется наладить коммуникативные связи для всех участников программы.

Подрядчики используют наработки общих процессов: административных, технических, технологических, организационных, набор документов для обеспечения бизнес-процессов. Должно быть проведено формирование команды на заводе, способной реализовать поставленные задачи. Причем все эти процессы принято расписывать по шагам, с конкретными действиями по переходу из состояния в состояние (так называемая "дорожная карта" процессов), вводить индикаторы, оценивающие, насколько цели состояния достигнуты или отклонились от результата; что следует делать для устранения отклонений; как оперативно воздействовать на процессы при новых вводных и т.д., и т.п.

Как показывает опыт, выстраивание эффективной цепи поставок является ключевым фактором производственного успеха своевременных поставок ВС авиакомпаниями. В некоторых случаях компании-интеграторы идут на приобретение предприятия- поставщика, чтобы в максимально сжатые сроки перестроить его бизнес-процессы в соответствии со своими требованиями.

4.4. Проблемы и методы обеспечения качества в производстве авиатехники

Обеспечение качества продукции является необходимым условием успеха высокотехнологичных компаний на рынке. Комплексные вопросы организации работ неразрывно связаны с поэтапным контролем качества на всех этапах создания авиатехники.

4.4.1. Методологии улучшения качества продукции

Упомянутый ранее метод *развертывания функций качества* (QFD, Quality Function Deployment) применяется не только при формировании требований к будущей конструкции, но и к технологическим процессам ее производства, т.е. для обеспечения качества как на стадии разработки, так и на стадии производства. Этот метод используется как инструмент в более развитых технологиях обеспечения качества, одной из которых является концепция бсигма (используется аббревиатура SixSigma). В буквальном смысле имеется в виду борьба за снижение общепринятой характеристики дефектности продукции - числа дефектов на миллион событий (DPMO) или единиц продукции. При нормальном распределении требуемые значения случайной величины должны лежать в пределах 6σ с исключительно высокой вероятностью (стандартное нормальное распределение для «коридора» шириной 3σ дает 66 000 дефектов, т.е. выходов параметра за

границы «коридора» при 10^6 изделий, тогда как количество дефектов при 6σ равно 3.4 на тот же миллион единиц продукции).

Количество контролируемых дефектов можно определять для любой операции или на любом шаге процесса: например, отсутствие реакции на запрос заказчика в течение, по крайней мере, четырех часов, наличие ошибок в заказе на покупку, оформление неправильного счета и т. д. Можно также определять дефекты в цепи процессов, связанных с внутренними и внешними заказчиками.

Технология бсигма была разработана компанией Моторола, дальше закуплена другими большими компаниями. Сейчас она, разумеется, понимается уже не в узком статистическом смысле, а служит для развития бизнеса организации, как образ мыслей, а не программа управления качеством, философия управления в стремлении к совершенству, методология принятия решений и улучшения процессов. Сегодняшний вариант в процессе развития Лиин – бсигма (Lean SixSigma), объединяет следующие методы управления качеством:

- «Бережливое производство» (Lean manufacturing, п. 4.4.2), сфокусирован на устранение потерь и непроизводительных затрат,
- «бсигма» (SixSigma), нацелен на улучшение процессов и стабилизацию характеристик продукции.

Компоненты бсигма включают две основные части – это традиционная бсигма, начинавшаяся с поднятия качества серийного продукта, и вторая часть, которая появилась чуть позже, это «Дизайн для бсигма», процедура создания исходного продукта, с которым будет работать традиционная методология бсигма. В соответствии с этапами жизненного цикла последовательность применения методологии такова:

– дизайн для бсигма (DFSS): комплексная система синтеза продукта, удовлетворяющего критерию 6σ (что касается в большей степени формирования требований к продукту, см. главу 2);

– бсигма (DMAIC): процесс ориентирован на эволюционное и непрерывное совершенствование производства или услуг по развитию продукта.

Базовый метод бсигма не рассматривает системы в целом, метод ориентирован на решение конкретных задач декомпозированной системы, когда они уже сформулированы, когда выполнена обработка требований, когда известны требования потребителя (Customer to quality, CTQ). Рекомендуется не тратить на отдельный проект более 3-4 месяцев. Для решения конкретных задач технология бсигма предлагает «рецептурные книги (инструментарий)» (cookbook) шагов реализации процесса, для того чтобы получать результат.

Базовая часть, «дизайн для бсигма» включает в себя четыре компонента: стратегию, концепцию, процесс и инструментарий, содержание которых кратко прокомментируем.

Стратегия: исходный пункт, когда для разработки новых и лучших продуктов/процессов необходимо выявить и принять к исполнению «голос (т.е. требования) клиента»;

Концепция: непосредственное исполнение инжиниринговых задач (продукт и процесс) и проверки с упором на «предотвращение проблем»;

Процесс: перевод формулировок «голоса клиента» в технические требования, оптимизация влияющих факторов в целях достижения высокого уровня качества создаваемого изделия;

Инструменты: известные методы применяются для исполнения процесса в согласии со «стратегией».

Перечислим шаги, которые используются при работе по созданию продукта, по идеологии «дизайн для бсигма» (DFSS¹), «Определить-Спроектировать – Оптимизировать – Проверить» и перечень инструментов, которые нужно при этом применять. Вариант из 4-х классических этапов показан далее (названия этапов выделены, далее приведены названия инструментов, которые применяются по этапам).

А. Определить:

1. Регламент проекта;
2. Стратегический план работ;
3. Состав команды проекта, команды по темам;
4. Сформировать «голос» Заказчика (CTQ - critical to quality);
5. Провести бенчмаркинг (сравнение с лучшими образцами);
6. Подготовить вопросники для этапов работ;
7. Выполнить обобщение опыта, организовать поиск в Интернете;
8. Применить метод развертывания функции качества QFD;
9. Использовать метод планирования эксперимента (DoE);
10. Составить и заполнить контрольные карты процессов;
11. Применить диаграммы для наглядного изображения результатов;
12. Использовать визуализацию процессов;
13. Провести оценку риска отказов и анализ эффектов (FMEA, см. Приложение П0).

Б. Спроектировать:

1. Провести работу с Заказчиком;
2. Сформулировать концепции проекта;
3. Использовать теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ);
4. Выполнить синтез концепции;
5. Вновь провести оценку риска отказов и анализ эффектов (FMEA-см. Приложение П0);
6. Проанализировать дерево возможных дефектов изделия;

¹ Иное название цикла PDCA, Plan-Do-Check-Act, описанного в главе 2.

7. Организовать «Мозговой штурм» для рассмотрения вариантов решения;
8. Применить метод развертывания функции качества QFD;
9. Заполнить контрольные карты процессов;
10. Использовать метод планирования эксперимента (DoE);
11. Применить моделирование в проекте;
12. Провести определение допусков;
13. Выполнить оптимизацию вариантов;
14. Применить метрологический анализ;
15. Использовать программные инструменты CAD-CAE;
16. Выполнить тестирование изделия.

В. Оптимизировать результат:

1. Нарисовать гистограммы анализа;
2. Провести обобщение эмпирических данных;
3. Выполнить анализ экономики;
4. Использовать метод планирования эксперимента (DoE);
5. Провести оптимизацию откликов при численном эксперименте;
6. Выполнить проектирование для надежности;
7. Провести параметрический дизайн;
8. Уточнить производственные допуски;
9. Скорректировать дизайн для производства;
10. Предусмотреть мероприятия по «Защите от дурака»;
11. Выполнить прогноз характеристик продукта;
12. Провести оценку рисков;
13. Рассчитать характеристики надежности изделия;
14. Выполнить многофакторную оптимизацию.

Г. Проверить итоговый продукт:

1. Выполнить анализ чувствительности характеристик к изменению внешних условий;
2. Провести анализ и увязку зазоров по их влиянию;
3. Уточнить оценку риска отказов и анализ эффектов (FMEA-см. Приложение П0);
4. Уточнить построение и анализ дерева дефектов;
5. Разработать план контроля продукта на выходе;
6. Проанализировать имеющиеся контрольные карты;
7. Выполнить метрологический анализ;
8. Построить процессные диаграммы и провести анализ вариаций изделия при наложении отклонений;
9. Разработать план резервных действий при неполучении свойств;

Большинство из перечисленных выше инструментов «дизайна для 6 сигма» хорошо знакомы российским выпускникам высшей технической школы. Отметим, что среди других рекомендуется отечественная разработка ТРИЗ, теория решения изобретательских задач¹, детище бакинского инженера, изобретателя и писателя-фантаста Г. Альтшуллера. Весьма эффективная, ориентированная на результат методология, которая разработана в бывшем СССР и много лет применялась изобретателями с неизменным успехом, сейчас очень популярна в западных компаниях.

После того, как продукт в рамках метода «дизайн для 6 сигма» уже создан, для повышения качества используется второй метод, классический подход бсигма, где применяют аналогичный набор инструментов и методологию, направленную на улучшение продукта. Цель данного этапа бсигма – сокращение отклонений в ходе производственного процесса и его совершенствование путем реализации так называемого «проекта совершенствования SixSigma», который распадается на последовательность шагов «Определить-Измерить-Анализ-Улучшение-Контроль» (DMAIC, define, measure, analyze, improve, control).

На первом этапе, «определения», ставятся цели и рамки проекта, выявляются проблемы, которые должны быть решены для снижения выявленного уровня отклонений.

Инструменты, применяемые на этом этапе: развертывание функции качества QFD «Голос потребителя», контрольные карты процесса, финансовый анализ для оценки последствий отклонений, расстановка приоритетов для дальнейших действий.

На втором этапе, «измерения», происходит сбор информации о текущем состоянии дел для получения данных, характеризующих базовый уровень показателей работы, и выявления участков, требующих наибольшего внимания. Также определяются метрики, позволяющие оценить степень приближения к намеченным целям.

Инструменты: Контрольные карты, построение диаграммы Парето, построение гистограмм, оценка эффективности цикла процесса, подготовка плана сбора данных.

На третьем этапе, «анализа», выявляются основные причины проблем в обеспечении качества изделия, после чего правильность выбора этих причин проверяется при помощи инструментов анализа данных.

Инструменты данного этапа: диаграмма Парето, причинно-следственная диаграмма Исикавы («рыбий скелет»), анализ отказов и их эффектов (FMEA, подробнее см. Приложение П0), определение непроизводительных затрат, оценка ограничений проекта.

На четвертом этапе, «улучшения», внедряются решения, ориентированные на устранение проблем (основных причин), определенных на этапе

¹ См. <http://www.altshuller.ru/>

анализа. В числе таких решений могут быть средства управления проектами и другие инструменты управления и планирования.

Инструменты: анализ отказов и их эффектов FMEA, обоснование оптимального размера закупаемой партии, проведение численных экспериментов (на основе статистического метода Монте-Карло) и проверка гипотез, построение матрицы выбора решений.

Цель пятого этапа, «контроля» – оценка и мониторинг результатов предшествующих этапов. На этом этапе улучшения подкрепляются модификацией наборов правил, процедур, систем планирования потребности в материалах (MRP), оценки бюджетов, инструкций персоналу и других рычагов управления.

Инструменты на этой стадии: Контрольные карты результатов улучшения, визуальный контроль процесса, план обучения персонала, план информирования участников работ, план стандартизации этапов технологии.

В результате проводимых работ по применению методологии и инструментов улучшения качества продукции, сообщество людей, использующих бсигма, получает навыки ориентированного на результат мышления, принципов командной работы над проблемой, осваивают единый словарь основных факторов и оценок реализуемого процесса. «Критические характеристики качества» (critical to quality, CTQ) определяют ожидания (требования) пользователя в отношении того или иного продукта или услуги, и др.

Можно выделить следующие принципы применения метода бсигма в компании:

- Ориентация на удовлетворение требований потребителя;
- Личная ответственность высшего руководства за внедрение;
- Широкое вовлечение персонала в процесс;
- Освоение командного стиля работы;
- Реализация процессного подхода к улучшению продукции;
- Использование опоры на объективные факты, а не на мнения;
- Ориентация команды процесса на конечный финансовый результат;
- Применение постоянного улучшения методом ускорения.

Для улучшения качества на предприятии, как изложено выше, применяется набор известных, в основном, инструментов. В организационную часть для решения конкретных задач входят создание рабочей бригады, руководство проектом для разрешения противоречий и бригада для решения перекрестно-функциональных проблем процесса.

Еще одним важным моментом реализации проекта бсигма является распределение ролей среди специалистов. «Лидером» работ является представитель высшего руководства предприятия, который инициирует проект бсигма и обеспечивает его реализацию. Ему подчиняется «Черный пояс», эксперт в области применения метода бсигма, который инструктирует проектную группу, руководит и проводит обучение использованию методов и

инструментария бсигма. Конкретную работу выполняет проектная группа бсигма, в которую входят специалисты предприятия, прошедшие обучение основам методологии.

Практика использования усовершенствованной концепции бсигма (Lean SixSigma) на западных предприятиях позволили собственными силами в сроки от шести месяцев до года добиться следующих результатов (указаны предельные значения из разных публикаций):

- снижение себестоимости продукции и услуг до 30 %;
- сокращение времени предоставления услуг до 50 %;
- сокращение количества дефектной продукции примерно в 2 раза;
- повышение без других затрат объема выполненных работ до 20 %;
- снижение стоимости проектных работ до 30 %;
- сокращение времени выполнения проектов до 40 %.

Можно дать разные объяснения эффективности данного метода.

1. Концепция бсигма работает потому, что применение статистических методов сочетается с процессным подходом и учётом возможностей человеческого фактора. Важными следствиями являются:

– ориентация на конечный финансовый результат в виде прибыли;

– объединение инструментов совершенствования в единую систему: методология на основе цикла бсигма, строгая ограниченность проектов во времени (от трех до шести месяцев), эффективное использование известных методов в составе обученных команд.

2. Существует другое мнение, что методы важны не сами по себе, а как элемент глобального процесса, в котором участвуют все сотрудники организации, заново пересматривая и практически используя то, что они изучали, вовлекая в оборот забытые инструменты, соревнуясь друг с другом, разрабатывая язык взаимодействия. При этом положительный эффект достигается благодаря стимулированию творчества, повышению ответственности и усилению мотивации. Однако через некоторое время новизна процесса притупляется. Далее нужно либо слегка менять цели метода, либо переходить на другие технологические новинки (по методу подачи, а не по времени создания инструментария). Например, объявить год инновационных бсигм (лучшие изобретения). Далее год сокращения управленческих расходов, год повышения эффективности работы персонала, и т.д.

4.4.2. Развитие регламентов качества в промышленности

Система менеджмента качества (СМК) направлена на удовлетворение требований Заказчика. Принципы, которые следует соблюдать для организации: СМК должна быть определена, документирована, внедрена и обеспечена поддержкой руководства. Основные 6 процессов и процедуры документированы и находятся под контролем. Базовые процессы включают:

– управление системой качества;

- управление обязанностями;
- управление документами и записями;
- проектирование и доводку (выход – результаты для заказчика);
- поддержку ресурсов;
- закупки (поддержка и ресурсы для других процессов.).

Каждый сотрудник должен быть знаком с документами СМК верхнего уровня:

- описание структуры компании;
- руководство по качеству;
- карта процессов СМК;
- политика и цели качества организации;
- процедуры/Планы качества;
- порядок ведения записей;
- нормативная документация СМК компании.

Для организации высококачественного серийного выпуска ВС используют регламентные документы, относящиеся к процессу производства. Примерный перечень может включать следующие разделы:

1. Общие руководства:
 - процедуры проекта;
 - законодательные документы по принадлежности;
 - проектные руководства;
 - приборы и САУ - спецификации;
 - стандарты и правила;
 - поставки ПКИ;
 - запчасти, руководство по ТОиР;
 - документация проекта.
2. Спецификации продукта.
3. Руководство поддержки качества продукции.
4. Основные сетевые графики проекта:
 - общий;
 - график логистики закупок и поставок ПКИ;
 - технологические карты производственных процессов;
 - сборка поузловая;
 - проверочные процедуры;
 - инженерные работы по системам;
 - поставки оборудования.
5. Базы данных проекта:
 - компоненты изделия;
 - стандартные и крепежные элементы;
 - встроенные системы (механика, электрика, гидравлика, кондиционирование, и др.);
 - запчасти;
 - документация проекта;

- переписка по проекту;
- логистические цепочки (доставки ПКИ).
- 6. Анализ безопасности (отчеты).
- 7. Документы по системам ВС.
- 8. Документы по компонентам изделия.
- 9. Технические отчеты проекта.
- 10. Инструкции проверки функционирования элементов и систем.
- 11. Приборы и АСУ (документы).
- 12. Качество – документы СМК.
- 13. Документы по окончательной сборке изделия.
- 14. Инструкции по сборочным процедурам и доработки под Заказчика.

Основной стандарт качества европейского авиапрома EN9100 создан по инициативе компании Airbus на базе стандарта ISO9000 путем его доработки к отраслевым требованиям. В ведущих авиастроительных фирмах мира удалось организовать работу так, чтобы не было отдельного управления качеством: отдельных пачек документов; отдельных подразделений и специально выделенных людей; а было качество как «здоровый смысл» – т.е. общепринятый образ мышления и действия.

В современной практике ведущие производители сложной техники используют также опыт компании Toyota, прежде всего, концепцию *Lean Manufacturing* – «Бережливое производство». Отцом бережливой концепции считают Т. Оно, Toyota. Идея состояла в том, чтобы производить продукцию малыми, а не крупными партиями. А также выпускать только те изделия и в таком объеме, которые запрашивала следующая производственная стадия.

Любая деятельность, которая потребляет ресурсы, но не создает ценности, в японском языке обозначается словом *муда*. Т. Оно различал семь ее видов. К *муда* относятся дефекты, перепроизводство товаров, не обеспеченных спросом, избыточные этапы обработки продукции из-за низкого качества процессов и оборудования. Любые запасы, кроме минимально необходимых, ожидание следующей производственной стадии, лишняя транспортировка и ненужное перемещение людей (например, в поисках детали, инструментов, документов, помощи и пр.) – тоже *муда*.

Значительная часть *муда* возникает за пределами компании – у ее партнеров на всем протяжении цепочки, включая сырье, поставки комплектующих и дистрибуцию. С. Синго разработал концепцию производства, когда любая ошибка должна быть обнаружена прямо на месте. В методике Lean много полезного, например маркировка материалов, которая позволяет легко определять разные заказы, их срочность, степень завершенности и последовательность продвижения. Принцип «сглаживания» в терминологии Lean означает такую организацию производства, при которой крупные заказы разбиваются на части и группируются в циклы вместе с частями других

заказов. Такой подход позволяет равномерней загружать мощности (нет нужды ждать, когда будет выполнена одна гигантская партия).

Другим эффективным методом организации производственных цепей является ТОС, «Теория ограничений» Э. Голдратта, доходчиво изложенная в художественной форме.

Один из главных инструментов всеобщего менеджмента качества, диаграмма Парето, учит в первую очередь устранять наиболее существенные причины несоответствий. Однако этот же принцип применим и к выбору самой системы управления качеством. В зарубежных компаниях значительное внимание уделяется применению описанных и прочих современных технологий повышения качества продукции. Но системы качества Lean, Sixsigma и т.п. работают в условиях нормально поставленного современного производства (говоря упрощенно, добавляют 5-20% к достигнутому хорошему уровню). В условиях архаичных производственных связей следует начинать с перепроектирования исходных процессов.

Тот же принцип применим и к стратегии технологического перевооружения, переоснащения производства. Есть переоснащение для увеличения выпуска, снижения дефектности, цены и т.п. Некоторое время тому назад на одном передовом российском предприятии, инвестирующем большие средства в закупку самого современного оборудования (что может служить положительным примером), попытались сравнить количество выпускаемых ежегодно машинокомплектов за последние пять лет. Обнаружилось, что эта цифра практически не изменилась, т.е. вклад в переоснащение не был сконцентрирован на критическом пути производства.

4.5. Анализ практического опыта организации серийного производства авиатехники

4.5.1. Сравнительный анализ эффективности серийного производства авиатехники в РФ и за рубежом

Обратимся к статистике. На двигателестроительном ФГУП ММП «Салют» (один из флагманов авиадвигательной промышленности РФ) в 2007 г. работало 15 тыс. сотрудников при обороте предприятия 350 млн. дол. США в год (в основном, экспортные заказы). «Дженерал Электрик авиадвигатели» в годовом отчете 2007 г. показал наличие 16 тыс. производственных сотрудников и оборот 18 млрд. дол. США в год. Таким образом, разница в удельной выработке на человека для двух вышеприведенных компаний – почти в 50 раз. Еще одна фирма – Avio, Италия (не имеет собственных финальных продуктов в авиадвигателестроении, но является участником многих программ как поставщик), в штате 5 000 сотрудников, оборот 2,7 млрд. евро. Разница в выработке на сотрудника – 30 раз. Такой результат обеспечивает отлаженная экономически эффективная организа-

ция труда от создания крупных *центров специализации и центров компетенции (CoE, Center of Excellence)*, где в одном месте концентрируется весь ЖЦ продукта от проекта до сданного изделия (чтобы не на кого было свалить промежуточные проблемы) до использования индийских, китайских и др. аутсорсинговых партнеров с малой себестоимостью производства – там, где это допустимо.

При такой разнице по валовому обороту в упомянутых инофирмах зарплата больше, чем в РФ, только в 5–7 раз. Инвестиции в новые разработки делаются и из прибыли, а не только за счет госбюджета. Это накладывает обязательства на максимальную экономию ресурсов предприятия (не в ущерб поставленным задачам).

Можно выделить 3 основных причины указанного различия.

1. На Западе отработана развитая кооперация с конкуренцией поставщиков и низкими закупочными ценами, в России на многих предприятиях до сих пор все изготавливается на одном предприятии, доля специализированных производств минимальна и в итоге расходы растут (из-за недогрузки большинства видов производства).

2. Различие отношения количества основных производственных рабочих и других сотрудников связано с неэффективной организацией процессов на предприятии. В компании «General Electric авиадвигатели» добились снижения к 2005 г. соотношения непроизводственных сотрудников к общему числу занятых до 36% (поставленная цель 15 %, субподрядчики не учитываются). На том же ММПП «Салют» доля непроизводственных работников составляла ориентировочно 80% (данные 2005 г.), т.е. выработка на сотрудника только по этому параметру различается в три раза.

3. Производительность труда на предприятии в целом обеспечена за рубежом потоком заказов и реально налаженным серийным высокопроизводительным выпуском (в определенном смысле, конвейерным производством), в России же преобладает штучное производство ВС.

В целом, на момент написания книги можно выделить следующие типовые проблемы авиапроизводства РФ:

1. Дисбаланс между количеством технологического оборудования и численностью рабочих.

Количество оборудования существенно превышает требуемое, соответствующее необходимой численности производственных рабочих.

2. Избыточные производственные площади.

Располагаемые площади производственных цехов существенно больше требуемых под текущие объемы. Необходимо более компактное размещение технологических линий, что позволит сократить как потребные площади, так, возможно, и перемещения деталей, узлов, агрегатов между рабочими местами.

3. Избыточная относительная численность рабочих вспомогательного производства.

Несколько лет назад до трети численности всех производственных рабочих на предприятии было занято во вспомогательном производстве (ОГЭ, транспортные, ремонтно-строительные, хозяйственные подразделения). Этот персонал не создает добавленной стоимости, а занят в значительной мере поддержанием избыточной инженерной инфраструктуры.

4. Дисбаланс между численностью рабочих и служащих.

Суммарная численность инженерно-технических работников (ИТР) и административного управленческого персонала (АУП) всех уровней сегодня в РФ >100 % от численности производственных рабочих.

5. Недостаток специализированных производств при заданных объемах выпускаемой продукции.

Для повышения эффективности производства важен переход к преимущественно технологической специализации цехов вместо преимущественно предметной.

6. Дисбаланс между фактической и нормативной трудоемкостью.

Требуется пересмотр большинства норм времени и тарифных ставок для приведения требуемой трудоемкости и заработной платы к взаимному соответствию.

7. Устаревшая функциональная структура управления.

Сегодня эффективен переход на дивизиональную или матричную структуру управления предприятием, сопровождаемый соответствующим реинжинирингом бизнес-процессов и переработкой внутренней организационно - нормативной документации.

8. Разработка и нормирование технологических процессов.

Необходимо создание системы разработки и нормирования технологических процессов, стимулирующей максимальное снижение трудоемкости и повышения производительности труда.

9. Ценообразование.

Перспективна система ценообразования, когда цена продукта задается как цель, под которую проектируется производственный процесс, а не является его следствием.

10. Отсутствие единой системы учета и управления ресурсами.

Для эффективности и качества важен переход на единую систему учета и управления ресурсами на базе современной ERP-системы (управления предприятием).

Можно заметить, что вышеперечисленные проблемы носят в основном организационно-управленческий, а не технологический характер, и потому не исправляются (а зачастую лишь усугубляются) денежными вливаниями, неэффективным технологическим перевооружением предприятий и т. п.

Отметим, что в последнее время на авиазаводах РФ удалось снизить трудоемкость некоторых технологических процессов в соответствии с современными подходами. Для выхода на заявленные темпы производства и

параллельного снижения издержек необходимо продолжить техническое перевооружение и частично (или полностью) перевыпустить технологическую документацию на ряд деталей новых изделий, чтобы привести их в соответствие с требованиями новых, "цифровых" технологий серийного производства самолетов.

4.5.2. Цепочки подрядчиков Боинга и проблемы выпуска B-787

Одной из особенностей программы создания семейства самолетов B-787 было решение руководства компании о резком увеличении в проекте доли работ подрядчиков и ПКИ. На рис. 4.3. показаны основные поставщики программы.

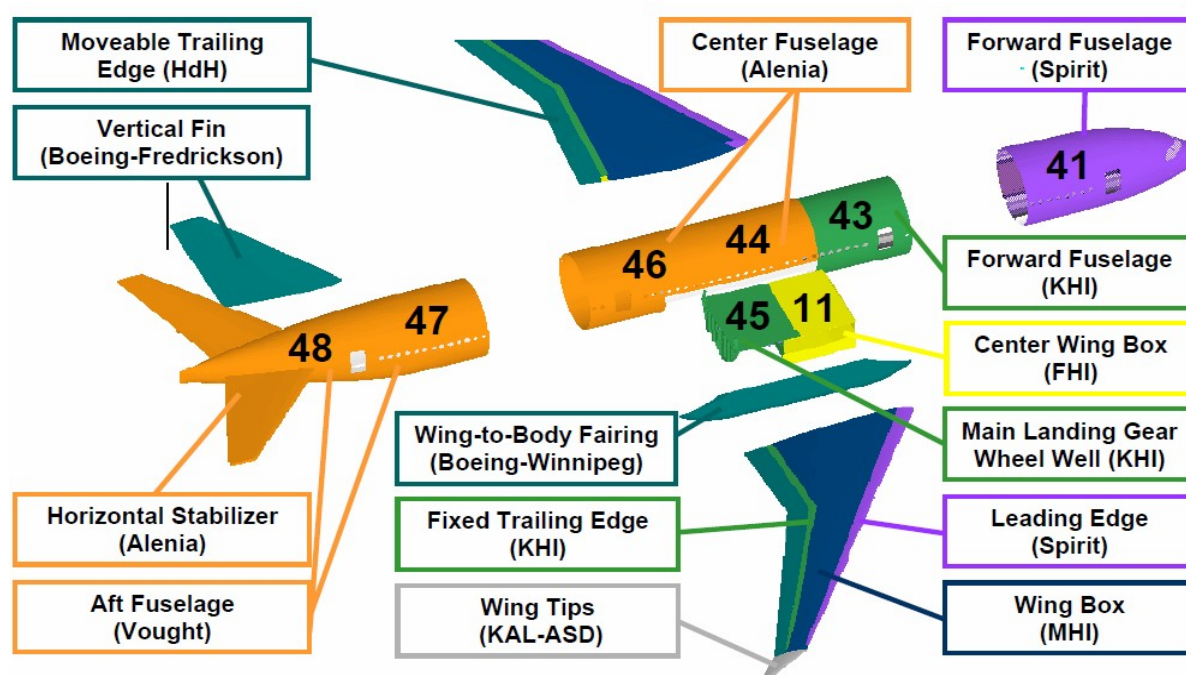


Рис. 4.3. Распределение работ среди основных подрядчиков программы B-787 (www.boeing.com)

Однако организационно не все подрядчики оказались готовы к техническим и логистическим требованиям компании-интегратора. Основной причиной срыва сроков поставок по B-787 в период 2008-2010 гг. названы сбои в цепочке субподрядных партнеров. В частности, ненормально долго поставлялись крепежные детали (время производства комплекта составляло более года, ~ 60 недель), что привело к сдвигу сроков сборочных операций.

Вследствие некачественного исполнения подрядных работ с отклонениями от требований Интегратора вес планера по оценкам превышал целевой на 4.25 %.

Для производства композиционных деталей были запланированы уровни производительности 40 кг/час на станок. Первые детали начали изготавливать с производительности 3.2 кг, на момент окончания сертификации достигнут уровень 12 кг в час, т.е. около 30 % от запланированного.

Поставки исполнялись некачественно, с задержками сроков доставки из-за неквалифицированного персонала. Некоторые дефекты обнаруживались достаточно поздно, уже на линии конечной сборки компании-интегратора.

После неудачных попыток воздействовать на партнеров в части улучшения производственных результатов, компании Boeing пришлось выкупить акции двух крупных поставщиков компонентов, чтобы нормализовать их работу. Подразделение компании Alenia под названием Global Aeronautica, и предприятие Vought Aircraft Industries перешли в собственность концерна Boeing. Через некоторое время задержки в поставках этих компаний для программы B-787 были существенно сокращены.

4.5.3. Современный подход к схеме кооперации поставщиков (пример Embraer 190)

Для иллюстрации сложности современного производства ВС ниже приведен набор подрядчиков и поставочных единиц для регионального самолета Embraer-190¹. Обширный (и при этом еще неполный) перечень составных частей характеризует объем сложности высокотехнологичного изделия, где все эти системы должны работать на единую цель исполнения норм летной годности и обеспечения высокой эффективности в эксплуатации.

«а) Проект интерьеров:

- *Priestman Goode (Великобритания) – дизайн интерьера и стилистика кабины.*

б) Материалы:

- *Daher (Франция) – композитные части,*
- *Hexcel Composites (США) – препреги, композиционные детали, включая углеродные волокна, панели, спойлеры, люки шасси, "соты", конструкционные клеи, рули и прочее,*
- *SLCA (Safran, Aircelle, Франция) – композиты, компоненты кокпита,*
- *Alcoa Aluminio (США) – алюминиевые панели для фюзеляжа,*
- *Aleris Aluminium Koblenz GmbH (Германия) – алюминий, толстолистовые алюминиевые части и сверхширокие полированные алюминиевые панели,*
- *Advanced Chemistry & Technology, Inc. (США) – герметики для топливного бака и специальные химикаты,*

¹ Цит. по http://www.airframer.com/aircraft_detail.html?model=Embraer_190_series

- *Lamart Corporation (США)* Ламинаты: АРК-пленки для тепловой и акустической изоляции.

в) Активные электронные компоненты

- *Woodward MPC (США)* – высокопроизводительные электромеханические системы контроля движения.

г) Компоненты / Приводы

- *GE Aviation (США)* – Линейные приводы, системы срабатывания реверса тяги,

- *Microtecnica S.r.l. (Италия)* -механические и горизонтальные приводы,

- *Parker Aerospace (США)* -система управления полетом,

- *Rockwell Collins ElectroMechanical Systems (США)* – механические приводы стабилизатора.

д) Компоненты / Электрика

- *Crane Aerospace & Electronics (США)* – трансформаторы.

е) Компоненты / крепеж

- *Ateliers De La Hte. Garonne (Франция)* -Заклёпки,

- *Avibank Mfg. Inc. (США)* -Болты, крепёжные детали и аксессуары.

ж) Компоненты / светотехника:

- *C & D Aerospace (США)* – освещение кабины,

- *Goodrich Interiors (США)* – все светильники и лампы,

- *Honeywell Aerospace (США)* – внутренняя и внешняя светотехника.

з) Компоненты / механические компоненты:

- *CanRep Inc. (Канада)* -антивибрационная изоляция,

- *Electromech Technologies (США)* – воздухопроводы и вентиляторы,

- *GE Aviation Systems (США)* – нагреватели лобового стекла,

- *Goodrich (США)* – система лобового стекла и дворники,

- *LORD Corporation (США)* – антивибрационная изоляция

- *Rockwell Collins (США)* – модули управления дросселем двигателя.

и) Компоненты / датчики:

- *Crane Aerospace (США)* -Датчики приближения: указатели положения и контрольные датчики на дверях, шасси и спойлерах.

к) Компоненты / структурные:

- *Asco Industries N.V (Бельгия)* – Flap/Slat Mechanisms,

- *California Drop Forge (США)* – штамповка деталей шасси,

- *Otto Fuchs KG (Германия)* – точная ковка для пассажирских окон,

- *Patricomp Oy (Финляндия)* – горизонтальные передние кромки,

- *Precimesan (Франция)* – структурные детали,

- *TITAL GmbH (Германия)* – алюминиевые и титановые детали.

л) Компоненты / переключатели:

- *Electro-Mech Components (США)* – механические переключатели и "линзы".

м) Компоненты / краны:

- *Nichols Airborne Division (США)* – топливные краны,

- *Woodward Aircraft Turbine Systems (США)* -краны/ клапаны для CF34-10.
- н) Компоненты / стекла и окна:
- *GKN Aerospace Transparency Systems Inc. (США)* – ламинированные окна пассажирского салона,
 - *PPG Aerospace Transparencies (США)* – окна кабины пилотов.
- о) Части планера:
- *AERnova (Испания)* – Части фюзеляжа: хвостовая часть фюзеляжа и поворотные компоненты,
 - *Aero Vodochody a.s. (Чехия)* – сборка дверей для *Latécoere (Франция)*,
 - *Discontin AeroStructures, Inc. (США)* -Части фюзеляжа: фюзеляж и покрытие дверей,
 - *ECE (США)* – рулевая система,
 - *Kawasaki Aerospace (Япония)* – крыло,
 - *Korean Air Aerospace (Корея)* – части фюзеляжа,
 - *Latécoere (Франция)* – все двери и люки, носовой конус, нижняя новая часть, части "бочки" фюзеляжа,
 - *SK3000 Aeronautica (Испания)* – винглеты (законцовки крыла),
 - *Socata SAS (Франция)* – задняя часть фюзеляжа,
 - *Sopaca SA (Франция)* – крылья – кромки, и панели крыла. Панели фюзеляжа, и киль,
 - *Vought Aircraft Industries (Contour Aerospace) (Франция)* – крылья: панели крыла и компоненты крыла.
- п) Интерьер кабины:
- *Airsigna GmbH (Германия)* – сигналы, туалеты и прочее,
 - *C & D Aerospace (США)* – пол, оборудование туалетов, кресла, и прочее,
 - *DeCrane Aircraft (США)* – эксклюзивные кресла,
 - *Fischer Advanced Composite Components AG (Австрия)* – интерьер кабины,
 - *PATS Aircraft Systems (США)* – интерьеры люкс,
 - *Sell GmbH (Германия)* – кухни,
 - *C & D Aerospace (США)* – кресла пилотов, стюардов.
- р) Системы жизнеобеспечения:
- *Allied International (США)* – акустическая изоляция,
 - *C & D Aerospace (США)* – акустическая изоляция, водяные системы,
 - *Goodrich (США)* – подогреватели воды, система питьевой воды,
 - *Hamilton Sundstrand (США)* – кондиционирование и давление в кабине,
 - *Monogram Systems (США)* – мусор и грязные воды,
 - *Nord-Micro AG & Co. OHG (Германия)* – система контроля давления кабины, система вентиляции.
- с) Гидросистемы:
- *Parker Aerospace(США/Европейский филиал)* – гидравлические системы,

- *PTI Technologies Inc. (США) – фильтры.*

т) Шасси:

- *Dunlop Aircraft (Франция) – шины,*
- *ECE (США) – управление шасси,*
- *Liebherr-Aerospace Lindenberg GmbH (Германия) – шасси,*
- *Meggitt (США) – тормозная система.*

у) Кислородное оборудование:

- *B/E Aerospace (Великобритания).*

ф) Системы безопасности:

- *Airsigna GmbH (Германия) – система аварийной посадки (и аварийного освещения),*
- *Artex Aircraft (США) – аварийные передатчики,*
- *BaseWest (США) – аварийное освещение, освещение трапов и связанная проводка,*
- *C & D Aerospace (США) – детекторы дыма и огня, пожаротушение, аварийные трапы.*

х) Авионика:

- *АМТЕК Aerospace & Defense (США) – много-осевые акселерометры,*
- *Sagem Défense Sécurité (Франция) – акселерометры и резервные модули для системы fly-by-wire, "чувствительность педалей" и прочее,*
- *International Communications Group (Швеция) – системы коммуникации,*
- *Honeywell Aerospace (США) – система управления авионикой,*
- *Sagem Défense Sécurité (Франция) – система мониторинга состояния самолета,*
- *Kollsman Inc, (США) – дисплеи Enhanced Vision Systems (EVS),*
- *Air Precision Clocks (США) – электронные часы,*
- *АМТЕК Aerospace & Defense (США) – индикаторы кокпита и дисплейные системы,*
- *Goodrich (США) – компьютеры, система обнаружения обледенения, все температурные сенсоры,*
- *Rockwell Collins (США) – дисплеи и head up guidance system,*
- *Thales Avionics (Франция) – электронная система управления полетом,*
- *ACSS (США) – система предотвращения столкновений TCAS 3000SP BCU,*
- *Barry Controls Aerospace (США) -части BCU, вибрация, изоляция, шум.*

ц) Электрика:

- *ECE (США) – первичная система распределения энергии, распределительные коробки, контакторы,*
- *Judd Wire Inc. (США) – электрические провода и кабели,*
- *Crane Aerospace (США) – Зарядные устройства и анализаторы батарей,*
- *Saft America Inc.(США) – Никель-кадмиевые батареи.*

ч) Двигатели:

- GE Aviation (США) – двигатели CF34-10E.

и) Компоненты двигателя:

- Aircelle (Франция) – реверс,
- Meggitt Sensing Systems (США) – мониторинг состояния двигателя, интерфейс и управление питанием (EIPM); вибрации и балансировки вентиляторов,
- Techspace Aero S.A. (Бельгия) – компрессоры,
- Vought Aircraft Industries (США) – пилоны двигателя.

ц) Топливная система:

- Argo-Tech Corporation (США) – топливные помпы для главных двигателей,
- Crane Aerospace & Electronics (США) – масляные фильтры,
- Goodrich Corporation (США) – компоненты двигателя и топливные форсунки,
- Parker Aerospace (США) – топливная система,
- Woodward Aircraft Turbine Systems (США) – дозаторы топлива.

э) Системы шасси:

- BMT Aerospace International (Бельгия) – шасси и другие системы, стойки и шестерни.

ю) Другие:

- Kahn Industries Inc./Kahn & Co (США) – Динамометры и гидравлический динамометр для испытания ВСУ,
- Omega Technologies, Inc.(США) – все инструменты для сборки планера
Тестирование,
- СТА – Aeronautical Technologies Centre (Испания) – ресурсные и статические испытания самолета».

На основе анализа перечней поставщиков для больших программ авиационной индустрии можно сделать вывод, что кооперация носит глобальный характер. Углубляется специализация поставщиков, что позволяет сохранять конкурентоспособность на рынке. Часто один поставщик может обслуживать подряды конкурирующих фирм. Все большие объемы заказов направляются в «долларовую» зону с целью использования курсовой валютной разницы.

4.5.4. Примеры реорганизации производства под давлением требований рынка

Рынок требует неординарных решений при необходимости завоевания экономических преимуществ. В главе 7.3 детально описано, как Airbus в 2007-2008 гг. казалось бы, успешно решал задачи реструктуризации, возникшие вследствие внутреннего кризиса компании. Однако ситуация изменчива, и тот, кто не успеет адаптироваться, проиграет. В 2009 Airbus

сделал очередной неординарный шаг, и при распределении большинства из ключевых стратегических контрактов на производство ПКИ для авиалайнеров A-350XWB Airbus «повернулся» к США больше, чем к европейским компаниям¹:

«Изначально ответственность за разработку A-350XWB была пропорционально распределена между странами-участницами Airbus – примерно по 35 % работ должны были выполнять подразделения в Германии и Франции, 20 % – подразделение в Великобритании и 10% – подразделение в Испании. По поставкам в США были даны заказы на сумму более \$ 24 млрд., что составляет 80% всех контрактов, где объемы были обнародованы. Это около половины общего объема рынка для производства A-350XWB, если стоимость контрактов на новый лайнер Airbus считать эквивалентной объему заказов Boeing-787, около \$ 65 млрд.

Такое стратегическое решение европейцев положиться на партнеров США для большей части основной работы по системной интеграции было принято отчасти в результате опыта этих производителей, сделавших более легкие и более эффективные системы для B-787. Например, Goodrich был выбран для поставки углеродных тормозов, сделанных с новым материалом Duracarb, аналогично отработанному для B-787.

Другим важным фактором явилась нестабильность колебаний обменных курсов доллара США к евро, что было и остается серьезной проблемой для производителей Тулузы. Предоставляя работу американским компаниям, Airbus эффективно страхует стоимость базового самолета в течение следующих двух десятилетий.

При этом Airbus сегодня хочет иметь дело с меньшим количеством поставщиков и давать больше ответственности за разделение риска субподрядчиков для всей системы, поэтому выбранные компании получили гораздо более существенные доли работы на изделие, чем на предыдущих моделях. Например, Parker предоставит все топливные системы на A-350XWB, в том числе для закачивания инертного газа, измерения уровня топлива и системы управления, жидкостного механического оборудования, и топливных насосов подачи в двигатель и перекачки. Под контракт на поставку гондолы и систем реверса для всех вариантов A-350XWB выбран Goodrich, а не Aircelle из Франции. Контракт будет генерировать для Goodrich около \$ 10 млрд. доходов от поставки оригинального оборудования и послепродажного сервиса на протяжении более 20 лет. По словам экспертов, каждые 10 центов девальвации доллара США по отношению к евро приводят к потере 1 млрд. евро для крупных компаний, типа Airbus, с пропорциональными потерями по всей цепочке поставок, по крайней мере, еще на полмиллиарда».

¹ См. <http://blog.revolutionfyi.com/2009/05/25/airbus-looks-to-us-for-a350xwb-suppliers/>

Сегодня компания Airbus сохраняет самое ценное из интеграции и окончательные монтажные работы в Европе (поддерживая рабочие места на родине), но все более ищет подрядчиков за пределами Европы для работ по подсистемам и конструкции. Недавно Airbus и группа китайских компаний создали совместный производственный центр в Харбине, Китай, для производства композитных частей модели A-350XWB.

Европейцы сохраняют сильные позиции на рынке шасси за счет вклада компании Messier Bugatti, Франция (поставки на B-787 и A-350XWB), также в двигателях, авионике и сложных структурных компонентах.

Airbus по-прежнему сохраняет в Европе значительные объемы работ в области структурных частей, создав два новых филиала в Германии и Франции для обработки новых A-350XWB и других изделий Airbus. Площадки Airbus на территории Германии в Норденхаме, Варел, и Аугсбурге были объединены в дочернее предприятие Premium Aerotec, которое производит передний и задний отсеки фюзеляжа, является основным для изготовления оболочек секций фюзеляжа для всех самолетов Airbus, производя около 300 оболочек в месяц, и более 19000 различных фрезерованных компонентов, изготовленных из алюминия, стали и титана, в общей сложности 2,5 миллиона отдельных компонентов в год. Бывший завод Airbus в Сен-Назер был переименован в Aerolia и специализируется на сборке, оснащении и тестировании передних секций семейства A-320. Завод Aerotec Méaulte, недалеко от Парижа, несет ответственность за сборку носовых секций всех самолетов Airbus. Тем временем, бывший завод Airbus Laurheim, который разрабатывает и производит интерьеры кабины, панели грузового отсека, отсек отдыха экипажа, и воздухопроводы, продан в 2008 году консорциуму Диль и Thales. Бывший комплекс Airbus UK в г. Филтон, который специализируется на проектировании, изготовлении и послепродажной поддержке крыльев Airbus, был продан группе GKN в 2008 году за £ 136 миллионов.

Чтобы сохранить конкурентоспособность, европейские компании также создают производственные площадки в долларовой зоне. Комплекующие для крыла A-350XWB поставляются многими подрядчиками¹:

«Передний лонжерон производится компанией Spirit Aerosystems в США, задний лонжерон изготавливается фирмой GKN в Филтоне, переднюю кромку крыла делают Spirit Aerosystems на заводе в Шотландии, верхнее покрытие изготавливается в Германии, а нижнее покрытие - в Испании. Сборка крыльев для лайнеров A-350XWB будет осуществляться на заводе Airbus в Манчестере, на модернизацию которого компания инвестировала \$760 млн.

¹ См. http://www.aviationexplorer.com/a350_facts.htm

После того, как крыло в Манчестере будет подготовлено к дальнейшей сборке, его отправят на завод Airbus в Бремене (Германия), где на крыло установят электропроводку, элементы пневматической и гидравлической систем, управляющие плоскости. После этого крыло перевезут на завод Airbus в Тулузе для окончательной сборки лайнера».

На заводе в Гамбурге Airbus построила два демонстратора фюзеляжа самолета A-350XWB, включая полномасштабный, который все еще будет использоваться для проверки монтажа различных систем. Такой подход был принят на вооружение после того, как возникли проблемы с монтажом проводки на лайнерах A-380. Тогда эта операция неудачно осуществлялась на цифровом макете фюзеляжа A-380. Сейчас специалисты Airbus обучаются монтажу различных элементов на демонстраторе фюзеляжа, после этого они приступают к работе с реальным самолетом. Первые поставки A-350 XWB планируются на 2013 год.

Аналогичные процессы производственной реструктуризации идут у двигателестроителей¹:

«Около 49 % затрат на разработку семейства редукторных турбовентиляторных двигателей PurePower компания Pratt & Whitney планирует разделить со своими партнерами».

В основном, партнерами будут фирмы, которые разделили с P&W 40 % затраты на проектирование и разработку отдельных элементов двигателей семейства PurePower.

Важность гибкости производственных структур (и значение такой гибкости, далеко выходящее за пределы экономики авиастроения) можно проиллюстрировать еще одним примером. Крупнейший концерн из США имеет две базовые площадки, и исторически к 2000 г. на одной существовал профсоюз, на другой – нет. После террористической атаки 11.09.2001 на Нью-Йорк руководство компании рекомендовало профсоюзу стать скромнее в запросах, поскольку бизнес резко ухудшился, а активность профсоюза направлена на увеличение затрат, т.е. цена продукции растёт. Профсоюз не внял предупреждению, полагаясь на незаменимость площадки, которая занималась своей отдельной и очень выгодной тематикой для Министерства обороны США. Не договорившись с профсоюзом, руководство выпустило приказ по реструктуризации предприятия, и за два года площадку с профсоюзом реформировали, конструкторов просто перебросили на другую площадку, часть сборочных работ также передали туда, а оставшиеся подразделения потеряли самостоятельное значение конечных поставщиков, и в связи с этим ликвидировали профсоюз (согласно уставу).

¹ См. Flightglobal.com (« Москва. Январь 2011. АвиаПорт»)

4.6.4. Примеры успешных компаний-подрядчиков

Иерархия подрядчиков первого-второго уровня есть новое для российской промышленности и стандартное для Запада понятие. Для подрядчиков норма прибыли невелика, но при этом постоянная загрузка гарантирована. Специализация наращивается, предприятие получает преференции вплоть до незаменимости в будущем, обеспеченной постоянным процессом улучшений в соответствии с требованиями Заказчика. Тогда как системным интегратором должны решаться вопросы реализации продукции, риски ответственности за качество, и обеспечения послепродажного обслуживания. Поэтому зарубежные фирмы охотно готовы работать на подряде, дорого ценя стабильность существования. Японские фирмы (самая дорогая страна по стоимости человеко-часа) участвуют в американских программах, конкурируя по ценам поставок с Европой.

При глобальном разделении труда выгодны роли как системных интеграторов, так и поставщиков. Это можно видеть на примере авиадвигателестроения, где лидирует большая четверка компаний-интеграторов: GE, Pratt-Whitney, Rolls-Royce, SNECMA/SAFRAN. Рассмотрим деятельность фирм, не имеющих собственных финальных изделий (моделей двигателей), однако играющих заметную роль в общем объеме работ в мире. MTU Aeroengine и AVIO – две авиадвигателестроительные компании, участвующие в серийном производстве в качестве подрядчиков 1-го уровня крупных фирм, имеют ряд интересных работ, в том числе по риск-разделенному партнерству.

Итальянская промышленная авиадвигательная группа AVIO (ранее представлявшая часть концерна FIAT) имеет 6 центров в Италии (механо-обработка, испытания, алюминиевое и магниевое литье, агрегаты, ЖРД для космической программы «Ариан», ремонт, сборка военных и наземных ГТД), а также 3 центра за границей (Гайана с космодромом для ракет «Ариан», Польша, Голландия).

В 2009 г. группа показала оборот 1.7 млрд. € (включая 17 % на космические программы, 7% на выпуск наземных ГТД), тогда же выделено 137 млн. € на исследования. Всего в компании занято 5 200 сотрудников (из них 4500 в Италии), включая 730 человек в секторе НИОКР.

Фирма AVIO, Italy участвует практически во всех двигательных программах:

- GE90, GEnx, T700, поставщики General Electric.
- Trent 900, Spey, поставщики Rolls-Royce.
- PW150, PW308, PW625, PW800, поставщики Pratt & Whitney, Канада.
- F119, поставщики Pratt & Whitney, США.
- RB199, участники европейского консорциума Turbo-Union.
- EJ200, участники европейского консорциума Eurojet.

Германская компания MTU также активно задействована в ряде программ (в 2009 г. достигнут оборот 2.6 млрд. €). Участвует в выпуске многих известных авиадвигателей:

- CF6, GE_{nx}, GP7000, F414, F404, T700, GE38, поставщики General Electric.
- PW300, PW500 поставщики Pratt & Whitney, Канада.
- PW2000, поставщики Pratt & Whitney, США.
- RB199, участники европейского консорциума Turbo-Union.
- EJ200, участники европейского консорциума Eurojet.
- MTR390, TP400-D6 работы с Rolls-Royce и др.
- V2500 поставки для группы IAE.

Обе фирмы играют заметную роль в исследовательских двигательных программах, имеют проектные команды по ключевым компонентам, например у MTU это компрессоры высокого давления, у AVIO – коробки приводов агрегатов и турбина низкого давления. По этим центрам компетенций фирмы участвуют в риск-разделенном партнерстве на всех этапах создания новых продуктов, включая сертификацию и поставки. Доля в каждом двигателе колеблется от 2 до 25 %, однако суммарные результаты позволяют компаниям устойчиво существовать и развиваться. Количество программ в портфеле заказов является гарантом стабильности компании, не ставя ее в зависимость от успехов продаж монопольного типа самолета. Помогает развитие специализации в поставках, что улучшает качество и производительность. При этом поставщик, как подчеркивалось в главе 1, может брать заказы и от других компаний.

Организация цепей поставок требует развитого информационного обеспечения. Чтобы работа над изделием шла успешно, необходимо обеспечить партнерам доступ к одним и тем же данным с нулевого до третьего уровня поставок, причем каждый из партнеров может видеть только ту часть общего информационного пространства «расширенного» предприятия, которая ему необходима. Отработка регламентации доступа и защиты данных были важной частью исследований упомянутого специального европроекта ENHANCE (детали описаны в гл. 2 и гл. 8), где участвовали партнеры поставщики нулевого и первого уровня.

Раньше поставщик ПКИ был удовлетворен заметными объемами поставок при гарантированном сбыте, тогда как сборщик самолета принимал на себя рыночные рынки реализации. При этом комплектующие стоили относительно дешево. Но в настоящее время считается стратегически более правильным развивать партнерство по ряду направлений, создавать совместные предприятия и делать ставку на новые технологии. В 2008 г. Мексика оставила Китай далеко позади, став восьмым по величине поставщиком компонентов и оборудования для авиастроительной отрасли США. Европейские и канадские производители также активно осваивают

новые территории в этой стране. Не пытаясь сконцентрироваться на постройке национального самолета, мексиканцы решили вырастить свой авиапром посредством международной кооперации.

В то же время продолжает стремительно развиваться авиапромышленность у лидера мирового промышленного роста, Китая: в наличии потенциально очень емкий рынок, многочисленный инженерный потенциал и низкие цены на продукцию. Здесь кроется множество возможностей развития в сфере программного обеспечения, двигателестроения, инновационных производственных процессов, материалов и так далее, по всей цепочке. Правда, успехи Китая в создании авиатехники пока небесспорны, вместе с попытками создания оригинальных моделей военных и гражданских самолетов идет копирование старых разработок для заполнения линейки моделей.

Лидеры мирового авиапрома Boeing и Airbus постоянно ведут процесс реструктуризации для удаления неэффективных производств, выделения на субподряд разбухших вспомогательных служб. Конечно, не всем нравится от обеспеченной занятости при общем бюджете большой компании переходить на систему жесткой борьбы малого предприятия за ресурсы. Однако повышение открытости производственной структуры зарубежных компаний дает шанс и российским поставщикам поучаствовать в процессе, если российские предприятия будут достаточно эффективными.

4.6.5. Российский опыт производственной кооперации с зарубежными авиастроителями

Российские предприятия принимают определенное участие в международных программах «большой двойки». В сообщении ОАО "Корпорация "Иркут"¹ о Программах международной промышленной кооперации компании даны сведения по производству компонентов для самолетов семейства Airbus:

«Для реализации проектов российско-европейской Программы «Международная промышленная кооперация» (МПК) в декабре 2004 года компания Airbus подписала с ОАО «Корпорация «Иркут» контракт на производство в России комплектующих для самолетов семейства A320: ниша носовой опоры шасси, килевая балка и направляющая закрылка. В рамках программы МПК на базе ОАО «Корпорация «Иркут» создан центр производства компонентов для серийно выпускаемых пассажирских самолетов A320/321. Иркутский авиационный завод (ИАЗ) – филиал ОАО «Корпорация «Иркут» обеспечивает основной объем российских поставок для Airbus.

¹ См. пресс-релиз ОАО "Корпорация "Иркут" от 3 июня 2011 года

При реализации программы МПК проведена гармонизация нормативной базы Корпорации по стандартам Airbus. Переведено и освоено более 2 500 международных и национальных стандартов, а также корпоративных стандартов компании Airbus. ИАЗ стал первым предприятием в России, получившим сертификаты соответствия стандартам EN9100 и Airbus. Осваивая производство новой продукции, ИАЗ внедрил и сертифицировал ряд передовых технологических процессов. Персонал всех уровней получил опыт совместной работы с коллегами из Западной Европы. Проведены стажировки персонала на заводах-партнерах в Германии, Франции, Австрии.

В 2010 году поставлено компонентов на общую сумму 5,6 млн. долл. США. Планируемый суммарный объем производства в 2011 г. – более 9 млн. долл. США».

Отметим, что ОАО «Иркут», безусловно, ведет важную и нужную работу по освоению новых технологий, адаптации стандартов и регламентов производства современной техники, в частности упомянутых в настоящей книге. Однако названная сумма на 2011 г. составит 0.04 % от стоимости годового выпуска семейства А-320 в 2010 г., т.е. чрезвычайно мала как по абсолютной величине, так и по срокам ее освоения, а также по относительной значимости для программы компании Airbus. К сожалению, авторы не имеют информации также о том, как распространяется позитивный опыт освоения новых технологий в рамках всей корпорации ОАК, частью которой является ОАО «Иркут», а этот эффект в наукоемкой промышленности может быть важнее непосредственно коммерческого эффекта.

Для сравнения напомним, что в Китае в 2008 г. всего за 14 месяцев завершено сооружение линии финальной сборки семейства А-320 для нужд китайских авиаперевозчиков. В 2010 на линии собрано 27 самолетов. При каталожной стоимости единицы около 100 млн. \$ США и оценке вклада линии финальной сборки в цене около 5% можно оценить освоенный годичный объем в 135 млн. дол. \$ США, т.е. уже на порядок больше, чем у ОАО «Иркут». Китайцы, помимо того, активно осваивают производство ряда компонентов для поставки на линии финальной сборки самолетов Airbus и Boeing, а также современный опыт организации сборочных процессов.

ГЛАВА 5. СОПРОВОЖДЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ АВИАТЕХНИКИ

5.1. Функции и экономические основы сопровождения эксплуатации авиатехники

Как показано в главе 2, важнейшими факторами конкурентоспособности производимой авиатехники являются уровень качества, стоимость и доступность обслуживания ВС по миру. Здесь не будет подробно рассматриваться организация послепродажного обслуживания авиатехники, так как данная книга предназначена, главным образом, для конструктора, разработчика авиатехники. В данной главе рассматриваются проблемы сопровождения эксплуатации изделий, их модернизации и т.п. с точки зрения обеспечения этих функций на стадии жизненного цикла, относящейся к разработке изделия.

Вопросы обеспечения эксплуатации ВС включают три основных этапа: работа с требованиями эксплуатационных служб авиакомпаний на стадии проектирования изделий, проектирование системы послепродажного обслуживания изделий и собственно поддержка техники в период эксплуатации, включая обучение летных и технических служб, исполнение регламентов обслуживания, вопросы модернизации ВС в эксплуатации, где это применимо.

Рассмотрим подробно второй и третий этапы организации ТОиР. Для развертывания системы послепродажной поддержки разрабатывают комплекты летной и эксплуатационно-технической документации, в т.ч. руководство по летной эксплуатации (РЛЭ), инструкции по безопасности для пассажиров, руководства по загрузке груза и багажа, руководства по эвакуации и пожаротушению, руководства по загрузке и центровке, руководства по планированию аэропортового обслуживания. Также нужно разработать конструкторскую документацию на оригинальные средства наземного обслуживания (СНО). Далее должна быть реализована постановка СНО на производство. Требуется эксплуатационная документация на СНО общего, специального применения, инструментальный набор (иллюстрированное руководство по СНО), руководство по восстановлению самолета и руководство по планированию СНО. В части развития системы послепродажной поддержки продукта должны быть разработаны интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР); информационная система логистической поддержки (LSA Suite); информационная аналитическая системы сбора и анализа эксплуатационных данных¹.

¹ Подробнее см. гл. 8.

Допустим, что вся описанная документация разработана и готова к передаче эксплуатационным службам. Это не означает, что функции разработчика по отношению к системе завершены. Процесс взаимодействия и сопровождения изделий в эксплуатации только начинается, и завершится со списанием и утилизацией последнего экземпляра изделия. Как правило, начало эксплуатации любого нового типа ВС или авиадвигателя сопряжено с целым рядом «детских болезней», исправление которых, в первую очередь, ложится на разработчиков. Рассмотрим экономические основы этого процесса.

Отказы техники могут повлечь за собой не только ее дорогостоящий ремонт, но также простой машин и оборудования и сопряженные с ними потери. Даже неопасные сами по себе отказы оборудования могут представлять собой угрозу экономике и окружающей среде. Поэтому нередко возникает проблема определения ответственности за отказ. В общем случае, он может произойти:

- по вине производителя, т.е. по причине *конструктивно-производственных недостатков* (далее КПН) изделия;
- по вине потребителя (эксплуатанта), допустившего нарушения условий эксплуатации, не проводящего надлежащее техническое обслуживание и ремонт и т.п.;
- по иным причинам – например, по вине третьих лиц, вследствие стихийных явлений и т.п.

В силу усложнения современной техники и наличия множества факторов, влияющих на ее функционирование, определение причин отказов и поломок нередко затруднено. Неопределенность ответственности за отказы техники порождает затяжные конфликты производителей и эксплуатирующих организаций. Ряд авторитетных специалистов¹ видит выход в совершенствовании нормативно-правовой базы – т.е. в повышении *полноты контрактов* между производителями и эксплуатантами, если пользоваться терминами институциональной экономической теории. В то же время, ведущие производители сложной техники все чаще априорно принимают на себя ответственность за отказы, а также проводят превентивные отзывные кампании по предупреждению возможных отказов и поломок. На первый взгляд, такая «благотворительная» политика однозначно приводит лишь к повышению затрат производителя, нацелена на улучшение его имиджа и может проводиться исключительно кратковременно, для завоевания рынка. Однако в действительности такие взаимоотношения с заказчиками многие производители сложной техники практикуют на протяжении десятилетий. Можно показать, что описанная политика может приводить не к повышению, а к снижению затрат производителей. Прежде всего, положительный экономический эффект достигается благодаря устранению затрат на установление ответственности за отказ. Можно приближенно определить, когда

¹ См. *Петров А.Н.* Пора наводить порядок // Авиатранспортное обозрение, № 34, май-июнь 2001.

ожидаемые суммарные затраты производителя будут ниже при априорном признании своей ответственности за отказы изделий, чем при детальном расследовании причин каждого отказа и «справедливом» установлении ответственности. Пусть по вине производителя происходит доля β всех «спорных» отказов, а по иным причинам – соответственно, доля $(1-\beta)$. Обозначим $c_{уст}$ средние затраты на установление виновного в отказе. Естественно предположить, что они будут возложены, по окончании расследования, на виновного. Кроме собственно затрат на технические мероприятия (дефектацию отказавшего изделия), в эту сумму необходимо включить различные транзакционные издержки – вплоть до судебных, затраты на принуждение виновного к исполнению своих обязательств и т.п. Пусть $c_{восст}$ – средние затраты на восстановление работоспособности изделия (в сумме с возможными потерями из-за простоя, штрафами и неустойками). Тогда ожидаемые затраты и потери производителя при «справедливом» определении ответственности составят $\beta \cdot (c_{уст} + c_{восст})$ в расчете на один отказ, а при априорном признании своей ответственности – $c_{восст}$. Приравнявая эти величины, получим следующее условие. Производителю выгоднее априорно признавать свою ответственность, устраняя отказы за свой счет, если

$$\frac{c_{уст}}{c_{восст}} > \frac{1-\beta}{\beta}, \text{ или } \beta > \frac{c_{восст}}{c_{уст} + c_{восст}} = \frac{1}{1 + c_{уст}/c_{восст}}. \quad (5.1)$$

На рис. 5.1 заштрихована область параметров $\left(\frac{c_{уст}}{c_{восст}} ; \beta \right)$, в которой выполняется полученное условие.

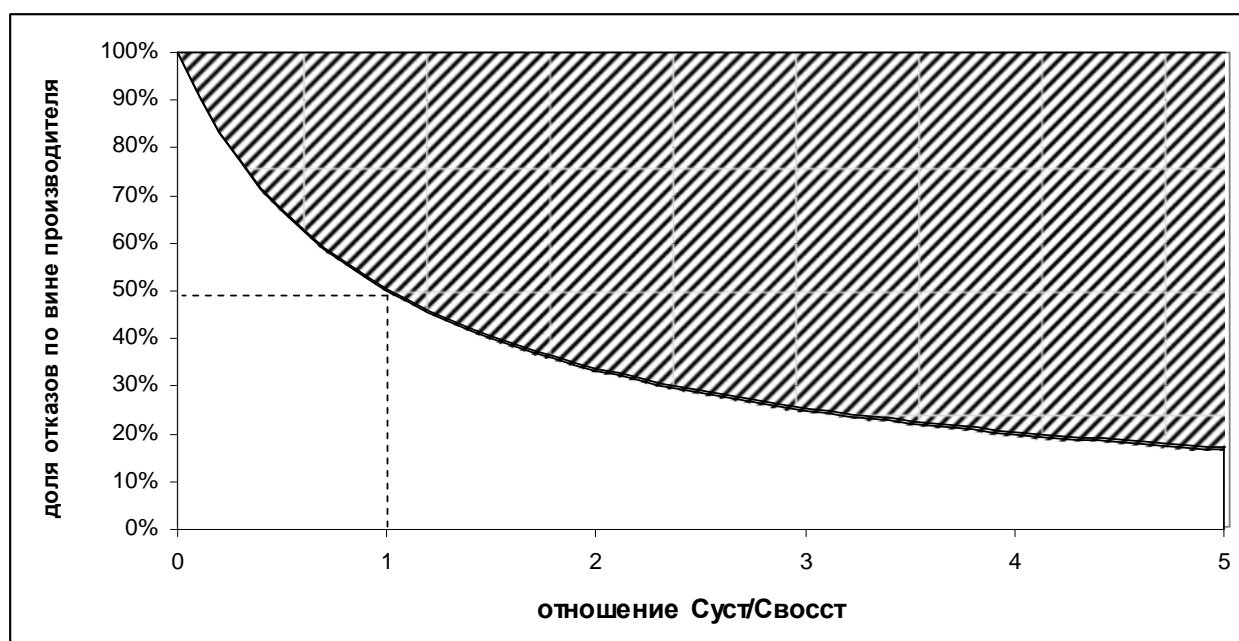


Рис. 5.1. Область предпочтительности априорного признания производителем ответственности за отказы

Например, если затраты на установление истинного виновника отказа сравнимы с затратами на устранение его последствий ($c_{уст} \approx c_{восст}$), то добровольное принятие на себя ответственности за отказы изделий становится выгодным производителю уже при $\beta = 0,5$, т.е. если по его вине происходит около половины отказов. Если же доля отказов по вине производителя больше половины (что характерно для начальных периодов эксплуатации нового типа изделий), даже при меньших затратах на определение виновного в отказе, последнее становится нецелесообразным.

Таким образом, к обоюдной выгоде производителя и эксплуатанта, устраняется неэффективный бизнес-процесс установления ответственности за отказ или поломку изделия. Помимо прямых денежных затрат, он нередко влечет за собой и значительные временные потери. Строго говоря, даже если предусмотрено установление виновного в отказе или поломке, эта процедура может не приводить к дополнительным простоям техники. Производитель может оперативно заменять отказавшие узлы и агрегаты, минимизируя время простоя, и продолжение эксплуатации изделия не будет зависеть от установления истинных причин отказа замененных элементов. Однако для этого необходимо содержать обменный фонд сменных узлов и агрегатов.

Стратегический эффект описанной политики не сводится лишь к улучшению имиджа производителя и повышению доверия к нему заказчиков (хотя это немаловажно для поставщиков дорогостоящей долговечной техники, продажу и сервисное сопровождение которой образно называют «контрактом на всю жизнь»). Исследование отказавших в эксплуатации деталей, узлов и агрегатов, выявление причин отказов и поломок включает механизм обратной связи между эксплуатацией, разработкой и производством. По результатам таких исследований производитель может совершенствовать конструкцию и технологию изготовления, эксплуатационную документацию. В итоге повышаются надежность, экономическая эффективность и конкурентоспособность его продукции, как следствие – возрастают объем продаж, выручка и прибыль.

Затраты и потери, вызванные отказами техники, особенно велики в начале периода эксплуатации нового типа изделий, страдающего «детскими болезнями». Например, основным недостатком российского авиадвигателя гражданского назначения ПС-90А производства Пермского моторного завода считалась именно недопустимо высокая частота отказов из-за КПН. Так, в 1997 г. средняя наработка на незапланированный съем и отправку в ремонт составляла 2 010 летных часов, в 1998 – 5 542, и т.д.¹, тогда как аналогичные зарубежные авиадвигатели, находившиеся к тому времени в массовой эксплуатации, демонстрировали наработку 10 000-15 000 летных часов без съема с крыла. В свою очередь, низкая надежность двигателя ПС-90А критическим образом повлияла на конкурентоспособность дальнемагистральных самолетов семейства Ил-96 и среднемагистральных самолетов семейства Ту-204, на которых он используется.

¹ См. www.avid.ru

Проблема низкой надежности изделий в начале периода эксплуатации не является специфической для российского авиастроения. Так, в первые месяцы коммерческой эксплуатации широкофюзеляжного самолета Boeing-747, одного из самых амбициозных проектов в истории гражданского авиастроения, установленные на нем авиадвигатели типа JT9D компании Pratt&Whitney имели характерную наработку на сьем около 50 (прописью: пятидесяти) летных часов¹. Из-за этого даже приходилось возить на борту запасной двигатель. Сам процесс постепенного повышения надежности изделий, устранения КПН по мере накопления опыта эксплуатации обусловлен объективными закономерностями развития техники. Однако именно для отечественного машиностроения (не только для авиационной промышленности) описанная проблема стала одним из решающих негативных факторов, приводящих к низкой конкурентоспособности продукции. Причина в том, что зарубежные машиностроители, традиционно работающие на конкурентных рынках, изначально проводят ответственную и дружественную по отношению к заказчику политику, принимая на себя обязательства по оперативному и бесплатному устранению отказов. Что касается отечественных производителей, они, по выражению ряда руководителей российских авиакомпаний², «привыкли проводить расширенные испытания своих изделий в парке эксплуатанта и за его счет». Такая политика, вполне допустимая при наличии единой общегосударственной авиакомпании, оказалась плохо совместимой с экономическими интересами независимых коммерческих авиакомпаний. Необходимо отдать должное работникам Пермского моторного завода – оказавшись в конкурентной рыночной среде, они последовательно работают над повышением надежности своей продукции, демонстрируя готовность оперативно решать в контакте с авиакомпаниями проблемы, возникающие при эксплуатации двигателей ПС-90А.

Для изучения стратегических аспектов взаимодействия производителя с эксплуатантами в процессе совершенствования новой техники, построим следующую упрощенную модель. В качестве примера рассмотрим рынок гражданской авиатехники. Обозначим $t = 1, 2, \dots, T$ годы периода продаж данного типа изделий. Пусть в первый год эксплуатации средняя наработка на отказ из-за КПН составляет $\tau_{\text{КПН}}(1)$. Предположим, что по мере накопления опыта она возрастает по следующему закону:

$$\tau_{\text{КПН}}(t) = (1 - \lambda_{\text{надежн}})^{-\log_2 N_{\text{КПН}}(t)} \cdot \tau_{\text{КПН}}(1), \quad (5.2)$$

где $N_{\text{КПН}}(t)$ – накопленное к началу года t число отказов из-за КПН (т.е. накопленный опыт);

¹ См. Удалов К.Г., Комиссаров Д.С. Самолет Боинг – 747 / М., АВИКО ПРЕСС, 1994 – 96с.

² См. Петров А.Н. Пора наводить порядок // Авиатранспортное обозрение, № 34, май-июнь 2001.

$\lambda_{\text{надежн}}$ – темп обучения в процессе устранения КПН. Если, например, он равен 10%, при каждом удвоении накопленного опыта интенсивность потока соответствующих отказов изделия снижается на 10 %.

Накопленное к началу года t число отказов из-за КПН можно оценить следующим образом:

$$N_{\text{КПН}}(t) = \sum_{s=1}^{t-1} n_{\text{КПН}}(s), \quad (5.3)$$

где $n_{\text{КПН}}(s)$ – число отказов из-за КПН в году s .

Обозначим $\tau_{\text{др}}$ среднюю наработку на отказ по иным причинам. Строго говоря, в процессе накопления опыта эксплуатации, совершенствования изделия и эксплуатационной документации она также может повышаться, но в данной модели мы пренебрежем этим эффектом.

Как и ранее, обозначим $c_{\text{восст}}$ затраты и потери, непосредственно связанные с отказом и его устранением. Пусть $c_{\text{деф}}$ – стоимость дефектации изделия, $c_{\text{отв}}$ – затраты на установление ответственности (главным образом, транзакционные). Тогда, если производитель априори принимает на себя ответственность за все отказы и поломки, его затраты и потери, связанные с отказами, в расчете на летный час составят

$$c_{\text{отк}}^{\text{произв}}(t) = c_{\text{восст}} + c_{\text{деф}} \cdot \frac{1}{\tau_{\text{КПН}}(t)} + \frac{c_{\text{отв}}}{\tau_{\text{др}}}, \quad (5.4)$$

а эксплуатирующие организации таких затрат и потерь вообще не несут ($c_{\text{отк}}^{\text{экспл}} \equiv 0$).

Если же в каждом конкретном случае устанавливается виновный, и все соответствующие затраты и потери возлагаются на него, тогда их величина в расчете на летный час составит:

- для эксплуатанта –

$$c_{\text{отк}}^{\text{экспл}} = \frac{c_{\text{восст}} + c_{\text{деф}} + c_{\text{отв}}}{\tau_{\text{др}}}; \quad (5.5)$$

- для производителя –

$$c_{\text{отк}}^{\text{произв}}(t) = \frac{c_{\text{восст}} + c_{\text{деф}} + c_{\text{отв}}}{\tau_{\text{КПН}}(t)}. \quad (5.6)$$

Пусть r – выручка эксплуатанта в расчете на летный час; $c_{\text{час}}$ – эксплуатационные затраты (без учета затрат и потерь, связанных с отказами) в расчете на летный час. Тогда, без учета отказов, прибыль в расчете на летный час составляла бы $(r - c_{\text{час}})$, но с учетом отказов снизится до $(r - c_{\text{час}} - c_{\text{отк}}^{\text{экспл}})$.

Численность парка изделий в году t обозначим $m(t)$, а среднегодовой налет на одно изделие – η летных часов в год. Таким образом, суммарная прибыль эксплуатирующих организаций в году t составит

$$\Pi^{\text{экспл}}(t) = (r - c_{\text{час}} - c_{\text{отк}}^{\text{экспл}}) \cdot \eta \cdot m(t). \quad (5.7)$$

Предположим, что доля $\gamma \leq 1$ прибыли эксплуатантов тратится на закупку новых изделий данного типа. Таким образом, при цене нового изделия p , в году t будет закуплено

$$q(t) = \frac{\gamma \cdot \Pi^{\text{экспл}}(t)}{p} \quad (5.8)$$

новых изделий (дискретностью для простоты расчета пренебрежем). Без учета выбытия изделий, численность парка в году t составит

$$m(t) = m(1) + \sum_{s=1}^{t-1} q(s), \quad (5.9)$$

где $m(1)$ – объем «стартового заказа» к началу массовой эксплуатации изделий.

Зная численность парка в году t , можно оценить ожидаемые количества отказов по причине КПН и по прочим причинам:

$$n_{\text{КПН}}(t) = \frac{m(t) \cdot \eta}{\tau_{\text{КПН}}(t)}, \quad (5.10)$$

$$n_{\text{др}}(t) = \frac{m(t) \cdot \eta}{\tau_{\text{др}}(t)}. \quad (5.11)$$

Система уравнений (5.2–11) представляет собой замкнутую динамическую модель. Расчет ведется следующим образом. При заданной начальной численности парка $m(1)$ и начальной наработке на отказ по вине производителя $\tau_{\text{КПН}}(1)$, пользуясь формулами (5.10, 5.11), можно оценить количества отказов в парке в первый год эксплуатации, найти по формуле (5.5) затраты и потери из-за отказов в расчете на летный час, а по формуле (5.7) – прибыль эксплуатантов в первый год эксплуатации. Наконец, по формуле (5.8) можно оценить объем закупок новых изделий, а по формуле (5.9) – численность парка на второй год эксплуатации. Также по формуле (5.10) найдем количество отказов по причине КПН в первый год эксплуатации. Найденное значение можно подставить в формулу (5.3), далее в (5.2), и найти среднюю наработку на отказ по вине производителя на второй год эксплуатации. Далее алгоритм повторяется для каждого года периода продаж, вплоть до T . Таким образом, можно прогнозировать динамику роста численности парка и суммарного объема продаж изделий для двух сценариев – если устанавливается

виновный в каждом отказе, и если производитель априорно принимает на себя ответственность за все отказы. Во втором случае затраты и потери эксплуатирующих организаций меньше, благодаря чему у них высвобождаются дополнительные средства, расходуемые на приобретение новых изделий. Т.е. во втором случае численность парка и его суммарный налет растет быстрее, что позволяет интенсивнее повышать надежность изделий, см. рис. 5.2. Изделие быстрее достигает «зрелости». Накопленный к данному году налет парка обозначен заштрихованными маркерами для первого сценария и незаштрихованными – для второго. Средняя наработка на отказ по вине производителя отображена по вспомогательной оси ординат (сплошная линия – первый сценарий, пунктирная – второй).

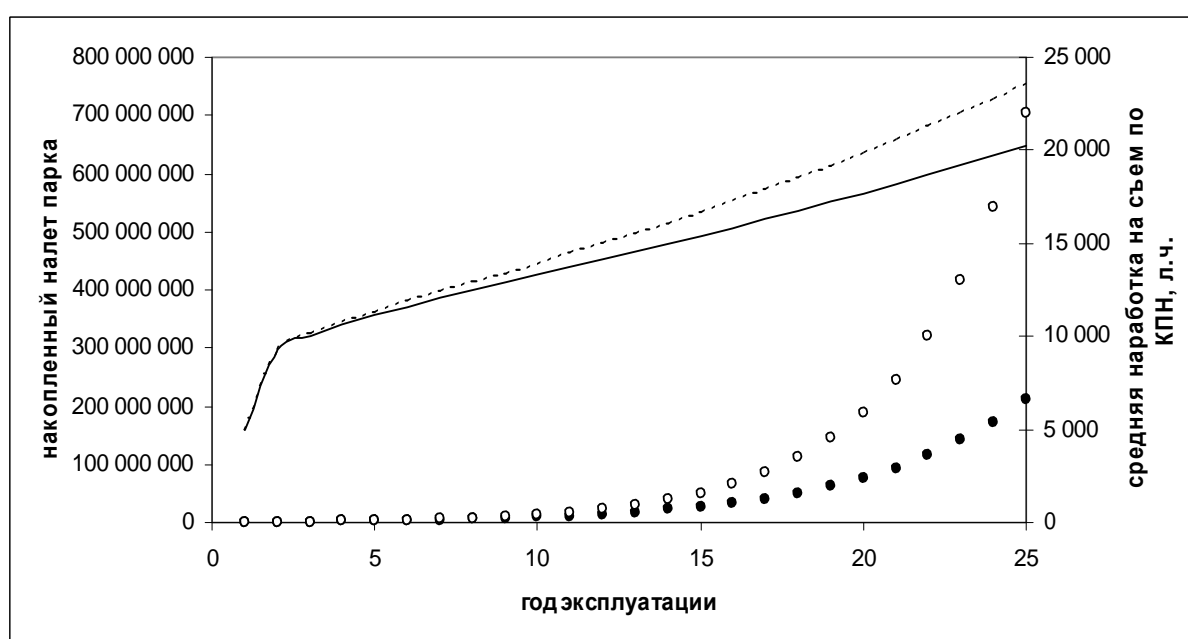


Рис. 5.2. Динамика накопленного налета парка и средней наработки на отказ по вине производителя

В данном примере используются следующие исходные данные, приблизительно соответствующие параметрам рынка гражданских авиадвигателей: $m(1) = 100$ изделий; $\eta = 3\,000$ летных часов в год; $\tau_{\text{КРН}}(1) = 5\,000$ летных часов; $\lambda_{\text{надежн}} = 10\%$; $\tau_{\text{др}} = 20\,000$ летных часов; $c_{\text{восст}} = 1$ млн. долл.; $c_{\text{деф}} = 0,35$ млн. долл.; $c_{\text{отв}} = 0,15$ млн. долл.; $r = 1\,300$ долл. за летный час; $c_{\text{час}} = 1\,000$ долл. за летный час; $\gamma = 100\%$; $p = 3$ млн. долл.

Тем не менее, связанные с отказами затраты и потери производителя в расчете на летный час выше при априорном признании ответственности (штриховая линия на рис. 5.3), чем при ее «справедливом» распределении (сплошная линия).

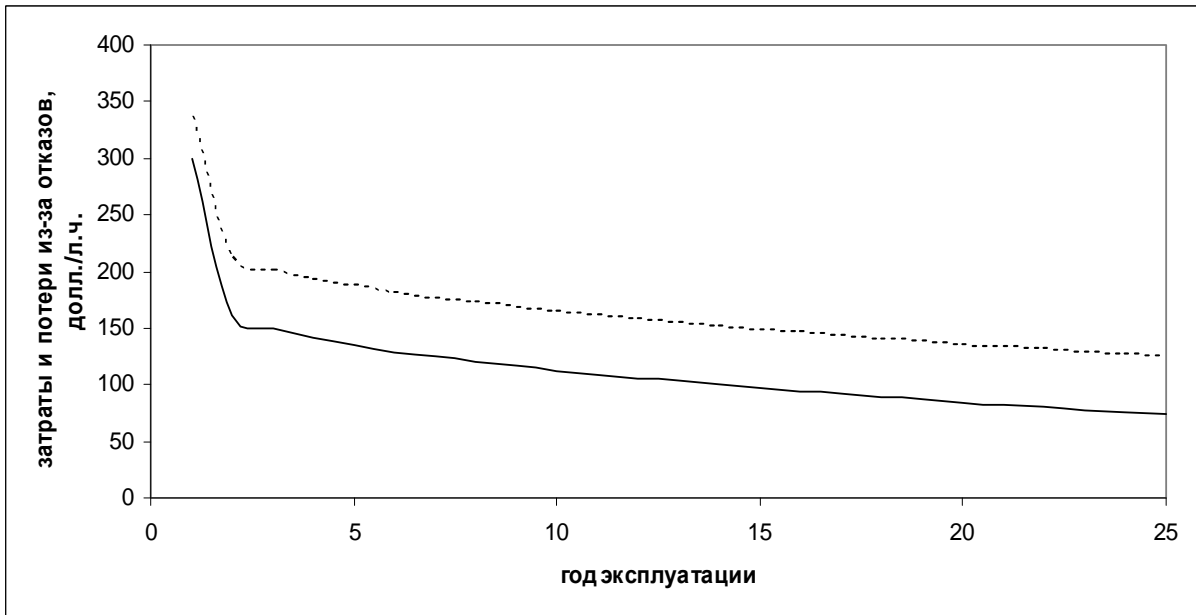


Рис. 5.3. Динамика удельных (на летный час) затрат и потерь производителя из-за отказов

Можно заметить, что, благодаря устранению КПН, доля отказов по вине производителя довольно быстро снижается настолько, что условие (5.1) уже не выполняется – напротив, $\beta \ll \frac{c_{\text{восст}}}{c_{\text{уст}} + c_{\text{восст}}} = \frac{c_{\text{восст}}}{c_{\text{деф}} + c_{\text{отв}} + c_{\text{восст}}}$. Тем

не менее, политика априорного принятия ответственности за отказы может быть стратегически более выгодной благодаря более высокому объему продаж. Построим следующую упрощенную модель прибыли производителя. Переменные затраты включают в себя, прежде всего, материальные затраты и затраты на оплату труда. Предположим, что благодаря эффекту обучения в процессе производства удельные трудозатраты снижаются с ростом накопленного выпуска q по следующему закону:

$$c_{\text{тр}}(q) = c_{\text{тр}}^1 \cdot (1 - \lambda_{\text{произв}})^{\log_2 q}, \quad (5.12)$$

где $c_{\text{тр}}(q)$ – стоимостные трудозатраты на q -й экземпляр;

$\lambda_{\text{произв}}$ – темп обучения в процессе производства.

Обозначим $c_{\text{мат}}$ удельные материальные затраты на одно изделие, тогда общие затраты на выпуск суммарного количества изделий Q составят

$$TC(Q) = FC^{\text{произв}} + c_{\text{мат}} \cdot Q + c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=1}^Q (1 - \lambda_{\text{произв}})^{\log_2 q}, \quad (5.13)$$

где $FC^{\text{произв}}$ – постоянные затраты (прежде всего, на разработку нового изделия и технологическую подготовку производства).

Накопленный к концу года t выпуск можно оценить следующим образом:

$$Q(t) = m(1) + \sum_{s=1}^t q(s). \quad (5.14)$$

Пользуясь формулами (3) или (5), а также (8), найдем накопленные к концу года t затраты и потери производителя, связанные с отказами:

$$C_{\text{отк}}^{\text{произв}}(t) = \sum_{s=1}^t c_{\text{отк}}^{\text{произв}}(s) \cdot m(s). \quad (5.15)$$

Теперь можно найти чистую прибыль производителя с начала реализации проекта вплоть до года t :

$$\Pi^{\text{произв}}(t) = p \cdot Q(t) - TC[Q(t)] - C_{\text{отк}}^{\text{произв}}(t). \quad (5.16)$$

Пусть $FC^{\text{произв}} = 2$ млрд. долл.; $c_{\text{мат}} = 1$ млн. долл./ед.; $c_{\text{тр}}(1) = 4$ млн. долл.; $\lambda_{\text{произв}} = 15\%$. На рис. 5.4 изображены полученные в данном примере графики роста накопленного объема продаж изделий для двух сравниваемых стратегий: «справедливого» распределения ответственности (заштрихованные маркеры) и априорного принятия производителем ответственности за отказы изделий (незаштрихованные маркеры). По вспомогательной оси ординат отображены графики накопленного потока наличности (соответственно, сплошная и пунктирная линии).

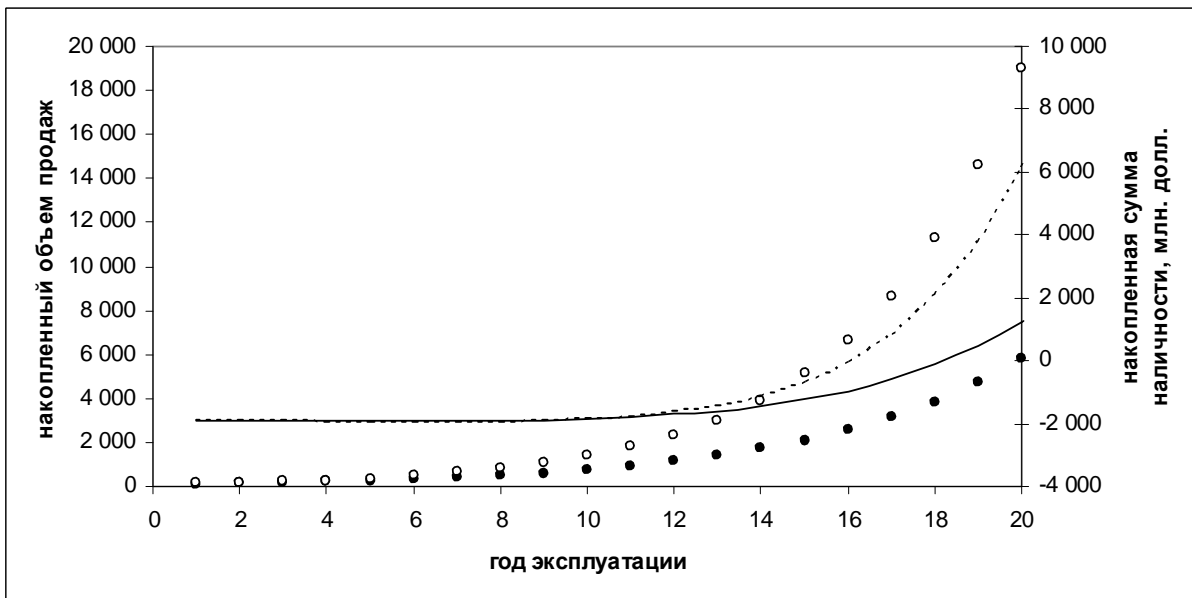


Рис. 5.4. Динамика накопленного объема продаж и накопленного потока наличности

Сравнение рядов заштрихованных и незаштрихованных маркеров показывает, что объем продаж при априорном принятии производителем ответственности за отказы растет быстрее, чем при «справедливом» распределении ответственности – что естественно, поскольку в первом случае производитель, фактически, предоставляет покупателям дополнительные средства на приобретение новых изделий. В то же время, сравнение графиков накопленного потока наличности (сплошная и пунктирная линии) уже не так однозначно – в начале периода эксплуатации более «дружественная» по отношению к заказчикам политика приводит для производителя к дополнительным расходам. Однако с определенного момента (на рис. 5.4 – приблизительно на 11-12-й гг. с начала продаж) она оправдывает себя – благодаря большим объемам продаж новых изделий, а также меньшим расходам на устранение отказов, поскольку изделие быстро достигло зрелости.

Таким образом, при априорном принятии на себя ответственности за отказы некоторое повышение затрат производителя на устранение отказов компенсируется существенным приростом объема продаж, выручки и прибыли. Подчеркнем, что в данной модели рассматривался монопольный рынок авиатехники. И даже монополисту может быть выгодно принимать на себя ответственность за отказы своих изделий. Если же рынок – конкурентный, стимулы к выбору описанной стратегии дополнительно усилятся. В своих взаимоотношениях с производителями техники эксплуатирующие организации исходят из следующих соображений. Абсолютно надежных изделий не бывает, нельзя избежать и конструктивно-производственных недостатков, особенно в начале периода эксплуатации. Поэтому решающим фактором при выборе поставщика становится его готовность решать возникающие в эксплуатации проблемы и стремление к постоянному улучшению своей продукции.

5.2. Экономические аспекты модернизации авиатехники

Долгоживущий продукт недостаточно просто поддерживать в состоянии летной годности. На протяжении длительного (20 и более лет) периода эксплуатации вполне могут появиться новые технологии и более эффективные изделия. Для сохранения позиций (а сегодня можно вернуть лизинговый самолет и взять модель поновее, с какими-то преимуществами) производитель непрерывно занимается улучшением продукта. При этом решается задача удержания конкурентных позиций, и одновременно вторая задача развития техники, т.е. постепенная отработка цепочки новых решений, которые будут применены на изделии следующего поколения. Так нарабатывается научно-технологический задел, снижаются риски (инновации нерадикальны, вклад каждой невелик), и улучшаются потребительские характеристики. Мы уже говорили, что год начала выпуска новой, более перспективной модели не означает насыщения ею рынка в

данном классе. Таким образом, в течение значительного периода времени серийно выпускаемые самолеты предыдущего поколения или другие новые модели могут эксплуатироваться, развиваться, служа полигоном отработки новых решений в технике, в ППО, в снижении себестоимости производства.

Согласно распространенному определению¹, “модернизация – это изменение конструкции, состава бортового оборудования, вооружения, и т.п. для улучшения характеристик летательного аппарата без изменения его целевого предназначения”.

В ходе модернизации, ранее выпущенные изделия могут приобретать новые эксплуатационные свойства, может повышаться их надежность, или снижаться уровень эксплуатационных затрат. Для оценки спроса на этот вид работ и услуг, необходимо построить модель принятия решения о модернизации авиатехники. Рассмотрим весьма распространенную в гражданском секторе рынка авиатехники ситуацию, когда модернизация направлена на снижение уровня эксплуатационных затрат, в частности, затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), на авиатопливо, и др. Эксплуатирующие организации принимают решение при наличии следующих альтернатив:

- 1) продолжить эксплуатацию старой авиатехники до выработки ей ресурса без модернизации;
- 2) списать старую авиатехнику немедленно и заменить на изделия нового поколения;
- 3) модернизировать старую авиатехнику.

Предположим, что старое изделие имеет остаток ресурса, равный $\delta \cdot T^{\text{стар}}$, где δ – неизрасходованная на данный момент доля ресурса. Обозначим цену изделий нового поколения $P^{\text{нов}}$, их ресурс в летных часах – $T^{\text{нов}}$, а текущие *операционные затраты* (т.е., затраты на ТОиР и авиатопливо) в расчете на летный час – $c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$ и $c_{\text{опер}}^{\text{нов}}$, соответственно, для старого и нового поколений авиатехники. Разовые вложения в модернизацию изделия обозначим ΔP , уровень операционных расходов модернизированных изделий (в расчете на летный час) – $c_{\text{опер}}^{\text{мод}}$. Как правило, выполняется следующее соотношение:

$$c_{\text{опер}}^{\text{нов}} < c_{\text{опер}}^{\text{мод}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$$

Что касается остатка ресурса модернизированных изделий $\Delta T^{\text{мод}}$, он мог, как остаться неизменным, т.е., равным $\delta \cdot T^{\text{стар}}$, так и увеличиться. При этом весьма распространенный в странах бывшего СССР и в некоторых других регионах мира вид услуг, называемый *продлением ресурса*

¹ См., например, *Автушко Н.* Вертолетная модернизация // сайт www.aviaport.ru, 10.01.2004.

авиатехники¹, можно рассматривать как частный случай модернизации, когда $\Delta T^{\text{мод}} \gg \delta \cdot T^{\text{стар}}$, но $c_{\text{опер}}^{\text{мод}} = c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$. Аналогичным образом эта общая мо-

дель позволяет описать случай, когда модернизация направлена на улучшение экологических характеристик самолетов и авиадвигателей. Например, установка звукопоглощающих устройств (ЗПК) на авиадвигатели Д-30КУ-154 позволяет самолетам Ту-154М уложиться в более жесткие требования по шуму на местности, и, тем самым, продлить период их коммерческой эксплуатации на международных авиалиниях², что также можно представить как $\Delta T^{\text{мод}} \gg \delta \cdot T^{\text{стар}}$; $c_{\text{опер}}^{\text{мод}} = c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$.

Необходимо сравнить суммарные затраты на каждую альтернативу. Решение в пользу модернизации будет принято, если затраты в этом случае будут минимальными.

За период, соответствующий сроку исчерпания остатка ресурса старого изделия $\delta \cdot T^{\text{стар}}$, суммарные затраты составят:

при эксплуатации старого изделия без модернизации –

$$TC^{\text{стар}} = \delta \cdot T^{\text{стар}} \cdot c_{\text{опер}}^{\text{стар}}; \quad (5.17)$$

при немедленной замене старых изделий на изделия нового поколения –

$$TC^{\text{нов}} = \delta \cdot T^{\text{стар}} \cdot \left[\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} \right]; \quad (5.18)$$

при модернизации старого изделия –

$$TC^{\text{мод}} = \delta \cdot T^{\text{стар}} \cdot \left[\frac{\Delta P^{\text{мод}}}{\Delta T^{\text{мод}}} + c_{\text{опер}}^{\text{мод}} \right]. \quad (5.19)$$

Если остаток ресурса в результате модернизации не увеличивается, затраты за указанный период можно выразить более простой формулой:

$$TC^{\text{мод}} = \Delta P + \delta \cdot T^{\text{стар}} \cdot c_{\text{опер}}^{\text{мод}} \quad (5.20)$$

Модернизация будет предпочтительнее эксплуатации старого изделия при условии:

$$TC^{\text{мод}} < TC^{\text{стар}},$$

или

¹ Продление ресурса, как правило, выполняется предприятием-изготовителем или разработчиком изделия, который, анализируя техническое состояние отдельных экземпляров изделий в парке, принимает решение о возможности продолжения эксплуатации тех экземпляров, износ которых (за счет относительно благоприятных условий эксплуатации, технического обслуживания, и т.п.) меньше ожидавшегося при установлении единого ресурса всем изделиям данного типа. При этом разработчики и производители принимают на себя ответственность за безопасность эксплуатации экземпляров с продленным ресурсом за пределами установленного ресурса.

² См. Кузьменко М., Элькес А., Буров М. Двигатель Д-30КУ-154: экологические проблемы и пути их решения // Аэрокосмический курьер, № 2, 2003, с. 24-26.

$$\frac{\Delta P}{\Delta T^{\text{мод}}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}}. \quad (5.21)$$

Однако модернизация авиатехники также должна быть предпочтительнее замены на новое поколение изделий, что соответствует условию:

$$TC^{\text{мод}} < TC^{\text{нов}},$$

или

$$\frac{\Delta P}{\Delta T^{\text{мод}}} < \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}}. \quad (5.22)$$

Заметим, что при выполнении неравенства

$$\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} < c_{\text{опер}}^{\text{стар}}, \quad (5.23)$$

условие (б) заведомо жестче условия (5), поэтому достаточно рассмотреть лишь его. Как показано в п. 2.1.4, если выполняется последнее неравенство, новое поколение изделий можно назвать “прорывным”, т.е., его появление на рынке делает эксплуатацию старого поколения изделий заведомо невыгодной.

Если же, напротив,

$$\frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} > c_{\text{опер}}^{\text{стар}},$$

(т.е., новое поколение изделий “прорывным” не является), достаточно проверить лишь выполнение условия (5.21), а условие (5.22) при этом выполняется автоматически. Следовательно, модернизация изделия старого поколения будет наиболее предпочтительной альтернативой, если ее цена ΔP будет не выше определенного порога ΔP_{max} :

$$\Delta P_{\text{max}} = \Delta T^{\text{мод}} \cdot \min \left\{ c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}}; \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}} \right\}, \quad (5.24)$$

или, иначе говоря, если остаток ресурса модернизируемого изделия будет не меньше определенного порога ΔT_{min} :

$$\Delta T_{\text{min}} = \frac{\Delta P}{\min \left\{ c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}}; \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}} \right\}}. \quad (5.25)$$

Заметим, что при $\Delta T_{\text{min}} = T^{\text{стар}}$, невыгодно модернизировать даже самые “молодые” изделия в парке. Таким образом, соответствующее значение цены можно считать запретительной ценой для данного рынка:

$$\Delta P_{\text{запр}} = T^{\text{стар}} \cdot \min \left\{ c_{\text{опер}}^{\text{стар}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}}; \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}} + c_{\text{опер}}^{\text{нов}} - c_{\text{опер}}^{\text{мод}} \right\}. \quad (5.26)$$

С другой стороны, иногда превосходство нового поколения изделий над модернизированными изделиями в части операционных затрат может быть настолько велико (т.е., $c_{\text{опер}}^{\text{мод}} - c_{\text{опер}}^{\text{нов}} > \frac{P^{\text{нов}}}{T^{\text{нов}}}$), что модернизация становится невыгодной даже при нулевой цене.

В реальных расчетах необходимо учитывать временную стоимость денег. Учет этого фактора дает модернизации дополнительные преимущества, по сравнению с покупкой изделий нового поколения, поскольку начальные затраты на модернизацию, как правило, существенно ниже, чем на приобретение новых изделий: $\Delta P \ll P^{\text{нов}}$. Также повышению привлекательности более консервативных стратегий поведения эксплуатирующих организаций (т.е., модернизация вместо покупки новых изделий) могут способствовать рыночные механизмы: повышенный спрос на изделия нового поколения может привести к росту их цены, и, как следствие – к большей вероятности выполнения условия (5.22).

Заметим, что в данной модели определяющим фактором при принятии решения о модернизации или списании авиатехники становится остаток ресурса. Для оценки суммарного спроса на модернизацию необходимо знать распределение парка изделий данного типа по остатку ресурса. Обозначим

N – общую численность парка изделий данного типа, не исчерпавших к настоящему моменту свой ресурс,

$n(\delta)$ – число изделий, имеющих к настоящему моменту долю остаточного ресурса, равную δ .

Тогда доля изделий, имеющих остаток ресурса не менее ΔT , может быть вычислена по следующей формуле:

$$F(\Delta T) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{\delta=\Delta T/T^{\text{стар}}}^{\delta=1} n(\delta). \quad (5.27)$$

Если цена модернизации будет установлена на уровне ΔP , суммарный спрос на услуги по модернизации можно оценить, объединив формулы (5.25) и (5.27):

$$Q^{\text{мод}}(\Delta P) = N \cdot F\{\Delta T_{\text{мин}}(\Delta P)\}. \quad (5.28)$$

Чем выше доля изделий со значительным остатком ресурса, тем выше спрос на модернизацию при заданном уровне цены. Поэтому возрастная структура парка характеризует т.н. *модернизационный потенциал* данного типа изделий, т.е., емкость рынка работ по модернизации.

Приступая к разработке программы модернизации того или иного типа изделий, производитель должен, прежде всего, оценить их модернизационный потенциал и перспективы безубыточной реализации программы. Прибыль будет выше, если удастся достичь существенного сокращения эксплуатационных затрат, заменяя или дорабатывая сравнительно небольшую (в стоимостном выражении) долю элементов изделия.

Если постоянные затраты производителя на программу модернизации обозначить FC , материальные затраты на модернизацию одного изделия – $c_{\text{мат}}$, а удельные трудовые затраты на модернизацию одного изделия сокращаются с ростом накопленного выпуска вследствие эффекта обучения по закону $c_{\text{мп}}(q)$, тогда ожидаемая прибыль от реализации всей программы модернизации составит:

$$\Pi = [\Delta P - c_{\text{мат}}] \cdot Q^{\text{мод}}(\Delta P) - \sum_{q=1}^{q=Q^{\text{мод}}(\Delta P)} c_{\text{мп}}(q) dq - FC. \quad (5.29)$$

Если приблизительно известны параметры, входящие в эту формулу, можно оценить оптимальный уровень цены работ по модернизации из условия $\frac{\partial \Pi}{\partial (\Delta P)} = 0$.

На практике одним из основных рынков модернизации авиатехники является рынок *ремоторизации* воздушных судов, т.е., замены авиадвигателей на более совершенные. Основные причины популярности ремоторизации носят технико-экономический характер. С одной стороны, ресурс планера, как правило, выше характерного ресурса авиадвигателей. С другой стороны, в последние десятилетия удалось достичь существенного повышения технико-экономического совершенства авиадвигателей (сокращения расхода топлива, увеличения надежности, улучшения экологических характеристик), в то время, как конструкция и уровень аэродинамического, весового, и др. совершенства планера не претерпевали столь существенных изменений.

Возникает вопрос: что следует считать ценой модернизации, а что необходимо включать в состав операционных затрат после ремоторизации? Затраты на переделку планера (усиление пилонов и крыла, и т.п.), топливной системы, систем управления, и т.п., однозначно следует включать в цену модернизации. Затраты на капитальный ремонт двигателей (в расчете на летный час) следует включить в состав операционных затрат, наряду с затратами на ГСМ и текущее ТО. Что касается затрат на приобретение новых авиадвигателей, их отнесение к той или иной категории затрат требует тщательного анализа. Как правило, ремоторизация производится в момент, когда выработали свой ресурс авиадвигатели старого поколения. Если остаток ресурса планера столь значителен, что предполагает неоднократную полную выработку назначенного ресурса авиадвигателей нового поколения, тогда затраты на приобретение и периодическую замену старых и новых авиадвигателей корректнее включать (предварительно приводя к летному часу) в состав операционных затрат старого и модернизированного изделий $c_{\text{опер}}^{\text{стар}}$ и $c_{\text{опер}}^{\text{мод}}$. Если же новые авиадвигатели устанавливаются вместо старых авиадвигателей (возможно, имеющих остаток ресурса), и

предполагается их списание вместе с планером самолета, затраты на приобретение новых авиадвигателей следует относить к разовым затратам на ремоторизацию ΔP .

В качестве примера применения предлагаемой модели рынка модернизационных услуг, рассмотрим рынок ремоторизации парка четырехмоторных грузовых самолетов. Разумеется, пример носит условный, иллюстративный характер (в т.ч., и по причине конфиденциального характера многих исходных данных, необходимых для расчетов), хотя на практике подобные ситуации весьма распространены¹.

Предположим, что в эксплуатации находится 1000 воздушных судов данного типа, имеющих остаток ресурса. Распределение парка по остатку ресурса предполагается равномерным, т.е.,

$$F(\Delta T) = \frac{T_{\text{стар}} - \Delta T}{T_{\text{стар}}} = 1 - \frac{\Delta T}{T_{\text{стар}}} = 1 - \delta.$$

Эксплуатирующим организациям предлагаются следующие альтернативы:

- приобретение грузовых самолетов аналогичного класса, имеющих при той же грузоподъемности более низкие операционные затраты на летный час;
- ремоторизация эксплуатируемых в настоящее время самолетов путем замены авиадвигателей на более совершенные.

Технико-экономические параметры всех альтернатив приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Характеристики четырехмоторных грузовых самолетов старого и нового поколений, а также самолетов, прошедших ремоторизацию

Параметры	Старое поколение	Модернизированные изделия	Новое поколение
Назначенный ресурс, л.ч.	30 000	30 000	60 000
Цена нового самолета, млн. долл.	–	10 (стоимость ремоторизации)	90
Средняя стоимость ТОиР самолета и силовой установки, долл./л.ч.	500	400	300
Средний часовой расход топлива самолета, т/л.ч.	6,0	4,0	3,0
Межремонтный ресурс авиадвигателей, л.ч.	4 000	8 000	12 000
Цена капремонта авиадвигателя, млн. долл.	1,5	2,0	4,0
Итого, операционные затраты на л.ч. (при цене авиатоплива 700 долл./т)	6 200	4 200	3 400

¹ См., например

Елисаветский В., Фомин А. Ремоторизация Ил-76: “Бурлак” против ПС-90 // Взлет, № 5, 2005.

Подчеркнем, что цена изделий старого поколения не является принципиальной, поскольку она уже уплачена, а предшествующие затраты не оказывают влияния на решения, принимаемые в данный момент (что и отражено в приведенной модели, вообще не содержащей цены старых изделий).

Заметим, что условие (5.23) при таких параметрах старого и нового типа изделий выполняется, поэтому для каждого самолета в парке, по существу, решается дилемма – модернизировать или списать немедленно и заменить изделием нового поколения. Согласно формуле (5.22), модернизация при стоимости 10 млн. долл. оказывается более предпочтительной, по сравнению с заменой самолетов на новые, если остаток ресурса изделия – не менее 14 300 летных часов, т.е., не менее 48 %. При данном распределении парка по остатку ресурса, это означает, что в ремоторизации нуждаются 520 самолетов.

На рисунке 5.5 приведены полученные в данном примере графики зависимости суммарного спроса и суммарной выручки (в млрд. долл., по вспомогательной оси ординат) от стоимости ремоторизации рассмотренного типа грузовых самолетов.



Рис. 5.5. Натуральные и стоимостные характеристики емкости рынка ремоторизации грузовых самолетов (пример)

Замена авиадвигателей или бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) в ходе модернизации может быть обусловлена не только экономическими факторами, как в приведенной выше модели, но и неэкономическими – например, ужесточением экологических стандартов (что, в основном, касается авиадвигателей), требований по безопасности полетов и эргономике (что характерно при замене БРЭО¹). В этих случаях можно

¹ При этом и замена БРЭО иногда может объясняться экономическими причинами. Например, если при установке нового комплекса БРЭО удастся сократить число членов

говорить о принудительной модернизации изделий. Также неэкономические причины нередко стимулируют модернизацию авиатехники военного назначения – замену БРЭО, систем управления вооружением и самого вооружения, и др. При этом, как упоминалось выше, планер, как правило, не нуждается в замене по причине относительно медленного улучшения параметров планера, по сравнению с прочими элементами воздушных судов. В связи с этим, чрезвычайно показателен приведенный в п. 1.1.1 пример основного дальнего бомбардировщика ВВС США – В-52, стоящего на вооружении с 1950-х гг. Последний экземпляр модификации В-52Н был выпущен в 1962 г., а окончательное списание этого типа самолетов планируется лишь в 2040-х гг. Разумеется, столь длительный жизненный цикл сопровождается постоянной модернизацией силовой установки, бортового оборудования, систем вооружения, а также тщательным контролем технического состояния планера.

По оценкам российских и зарубежных экспертов, многие типы отечественных боевых самолетов и вертолетов также обладают существенным модернизационным потенциалом. Значительная численность парка этих изделий, находящихся в эксплуатации в ВВС зарубежных стран, делает рынок их модернизации чрезвычайно емким и привлекательным. По оценкам специалистов ОКБ “МиГ”¹, только емкость рынка модернизации истребителей отечественного производства, эксплуатируемых зарубежными странами, превышает в настоящее время 3,5 млрд. долларов. Помимо значительной емкости, привлекательность рынка модернизации авиатехники для авиастроительных и авиаремонтных предприятий обусловлена следующим фактором. Нередко эксплуатирующие организации прибегают к модернизации принадлежащей им авиатехники в периоды дефицита средств на закупку изделий нового поколения, когда спрос на продукцию авиастроения падает. Следовательно, поток выручки от модернизации авиатехники способен частично демпфировать колебания выручки от продажи новых изделий в неблагоприятные для авиационной промышленности периоды.

В связи с этим, услуги и работы по модернизации отечественной авиатехники военного назначения активно предлагают не только (и, к сожалению, не столько) российские предприятия-разработчики и производители, но и зарубежные компании. Ряд независимых предприятий за рубежом, как правило, выросших из авиаремонтных предприятий, в настоящее время специализируется на глубокой модернизации авиатехники. Прежде всего, следует упомянуть одного из лидеров мирового рынка модернизации авиатехники как гражданского, так и военного назначения – израильскую компанию IAI, Israel Aircraft Industries, имеющую годовой оборот

экипажа данного типа ВС, и, как следствие – снизить потребный уровень затрат на оплату труда.

¹ См. *Позняков П., Монахов А.П.* Будет ли “цивилизована” российская авиация? // Вестник воздушного флота, №1-2, 2002.

порядка 3 млрд. долл.¹. Как авиастроительные компании, так и независимые производители разрабатывают современные технологии модернизации не только планера, но также авиадвигателей² и бортового оборудования. Таким образом, современные рынки услуг по модернизации, как и рынки прочих видов послепродажного сопровождения авиатехники, характеризуются чрезвычайно жесткой конкуренцией, и статус разработчика изделия отнюдь не гарантирует предприятию монопольное положение на рынке его модернизации.

Анализируя выражение (5.28) для емкости рынка модернизации, можно сделать еще один важный качественный вывод. Поскольку весь потенциальный спрос на модернизацию не может быть удовлетворен мгновенно, старые изделия продолжают эксплуатироваться, сокращается остаток их ресурса, а вместе с ним – и модернизационный потенциал данного типа изделий. В рамках приведенного выше примера, рассмотрим динамику емкости ремоторизации парка грузовых самолетов, если среднегодовой налет на одно воздушное судно η составляет 1 500 летных часов. Тогда (при условии, что производство данного типа самолетов прекращено, и новых изделий в эксплуатацию не поступает) распределение парка по остатку ресурса останется равномерным. Однако каждый год доля неизрасходованного ресурса δ будет сокращаться на $\frac{\eta}{T_{\text{стар}}} = 5\%$. Таким образом,

□ через год в парке останется 950 самолетов, остаток ресурса которых будет равномерно распределен от 0 до 28 500 летных часов,

□ ...

□ через 5 лет парке останется 750 самолетов, остаток ресурса которых будет равномерно распределен от 0 до 22 500 летных часов, и т.п.

На рисунке 5.6 изображены полученные в данном примере графики зависимости суммарного спроса и выручки (в млрд. долл., по вспомогательной оси ординат) от цены ремоторизации грузовых самолетов, если начать реализацию программы:

- в данный момент,
- через год,
- через 5 лет.

¹ См. www.iai.co.il

² Так, например, в ходе капитального ремонта авиадвигателей Д-30КУ-154 возможна установка вместо штатной камеры сгорания новой, малоэмиссионной камеры сгорания, разработанной ОАО «НПО «Сатурн» совместно с ЦИАМ им. П.И. Баранова, см.

Кузьменко М., Элькес А., Буров М. Двигатель Д-30КУ-154: экологические проблемы и пути их решения // *Аэрокосмический курьер*, № 2, 2003, с. 24-26.

Такая модернизация, по сообщению разработчика, позволяет самолетам Ту-154М не только уложиться в современные нормы по эмиссии вредных веществ (и, тем самым, продлить период коммерческой эксплуатации на международных авиалиниях), но и сократить средний расход топлива на несколько процентов. В то же время, сейчас Ту-154М повсеместно выводят из эксплуатации по объективным экономическим причинам, описанным в п. 2.1.

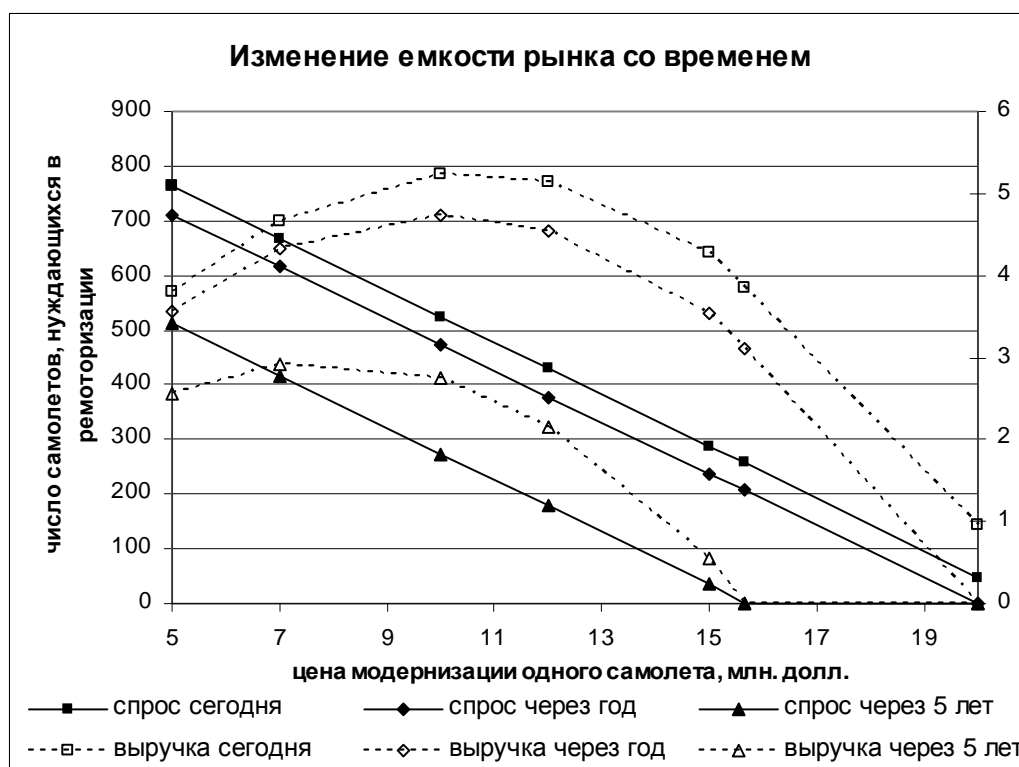


Рис. 5.6. Изменение емкости рынка ремоторизации со временем

Несмотря на то, что за 5 лет будет списано лишь 25 % воздушных судов из состава данного парка, максимально возможная выручка сократится приблизительно на 45 %. Т.е., стоимостная емкость рынка модернизации сокращается существенно быстрее, чем натуральная. Это легко объяснить, поскольку, помимо сокращения общей численности парка, со временем сокращается и остаток ресурса каждого изделия, что делает выполнение условия (5.22) все менее вероятным. Так, уже через 5 лет стоимость модернизации, равная 15,6 млн. долларов, станет запретительной для самолетов в данном парке, хотя в данный момент она является приемлемой более чем для 250 самолетов.

Таким образом, рынок услуг и работ по модернизации авиатехники предъявляет чрезвычайно высокие требования к оперативности реагирования предприятий авиационной промышленности на динамично изменяющийся спрос. На этом рынке, как и на многих других рынках продукции авиастроения, большое значение приобретает временная конкуренция.

Как будет показано ниже, поставщики чаще реализуют выгоды «авторской» ремоторизации, когда поставщик авиадвигателей непрерывно совершенствует продукт, и проводит замены компонентов в ходе ремонтов. При этом не требуется доработка самолета, или переход на новые потоки запчастей, что весьма привлекательно экономически. Модернизация техники в эксплуатации является экономичным методом продления сроков серийного производства, поддержания ЛГ и проверки результатов НИР для последующих продуктов.

5.3. Анализ практического опыта сопровождения эксплуатации и модернизации авиатехники

Сегодня производители двигателей применяют новые технологии не только на новых типах двигателей, но и реализуют практически беспроигрышные сценарии инновационного развития для себя и своих клиентов, авиаперевозчиков. Ранее, когда эксплуатанты-авиакомпании испытывали проблемы с безотказностью, долговечностью или тягой двигателя, они обычно получали бюллетени от разработчиков для исправления недостатков проекта.

В 1990-х стоимость жизненного цикла двигателя стала главным критерием для авиакомпаний-операторов. Тогда же производители решили получить больший контроль над рынком послепродажного обслуживания. Они начали предлагать контракты на техническое обслуживание по фиксированным ставкам за летный час, и стали активными игроками на вторичном рынке, получая дополнительную прибыль за счет сокращения затрат обслуживания двигателя.

Обратимся к опыту GE. В 1994 году в GE была создана компания GE Engine Services для обслуживания парка в эксплуатации. Стали практиковать две категории обновлений продукции. Первая – технологические, когда внедряют современные разработки элементов управления и средств конструирования в двигатели, произведенные в семидесятые-восемидесятые годы прошлого века. Вторая – когда для существующих изделий используют модернизированные запчасти по сниженным ценам. Перед запуском таких программ, GE ставит перед собой довольно жесткие задачи в отношении сроков возврата инвестиций для клиентов. Им должно быть финансово выгодно заплатить вперед за новый комплект. Для типичных CFM56-3 обеспечен период окупаемости в четыре-шесть лет, а для CF6-50 – от двух до четырех лет.

Кроме того, улучшение двигателя означает более низкую стоимость владения на протяжении жизненного цикла, и GE старается увеличить интервалы обслуживания, время «на крыле». Эти инвестиции в исследования и разработки для новых продуктов и тех, которые уже в эксплуатации, дают большие дивиденды для клиентов, которые получают чистое сокращение эксплуатационных расходов в среднем на 2% каждый год.

Эта технология опирается на результаты развития новых двигателей. Например, высокоэффективные технологии, разработанные при создании двигателя GE90-115В, были затем включены во все двигатели GE, разработанные для широкофюзеляжных самолетов, включая B-777, A-380 и B-787. Для двигателей, находящихся в эксплуатации, такие технологии доступны через различные пакеты обновлений, которые могут улучшить характеристики (экономия топлива, шум, увеличенная периодичность технического обслуживания, а также срок службы изделия).

Интересно проследить результаты фирмы по статистическим данным, которые включают все эксплуатируемые двигатели с 1988 по 2002 год CF6, CF34, GE90 и CFM56 всех модификаций¹:

- *«За 15 лет надежность вылета (задержки по вине двигателя) возросла с 99,92% до 99,95 %. Это составляет для авиакомпаний до 3000 дополнительных рейсов в год из 10 миллионов рейсов с двигателями GE и CFM.»*

- *«Время работы на крыле: на этот показатель влияют сменные детали, технология обслуживания. По экономически эффективным решениям, за указанный период время работы на крыле улучшилось почти на 50 % (от одного до двух лет дополнительного времени на крыле), на основе изменений в часах между обслуживаниями.»*

- *«Время до первого ремонта: CFM56-3 вышел на цифру 18 000 часов налета в среднем после 16 лет с начала эксплуатации. Двигатели CFM56-5A вышли на этот же уровень надежности на пять лет раньше. В «Malev Венгерские авиалинии» был на тот момент достигнут рекорд для CFM в 40 500 часов налета и 17 400 полетных циклов без ремонта.»*

- *«Выключения в полете: задержки и отмены могут быть дорогостоящими и неудобными для клиентов и авиакомпаний. За 12 лет соотношение выключений в полете снизилось на 65 %.»*

- *«Надежность прерванного взлета: такое событие может вывести из себя самого опытного путешественника. За указанный период модели CFM достигли 37 % улучшения по этому показателю.»*

Детали модернизации одной модели GE в эксплуатации приведены на рис. 5.7.

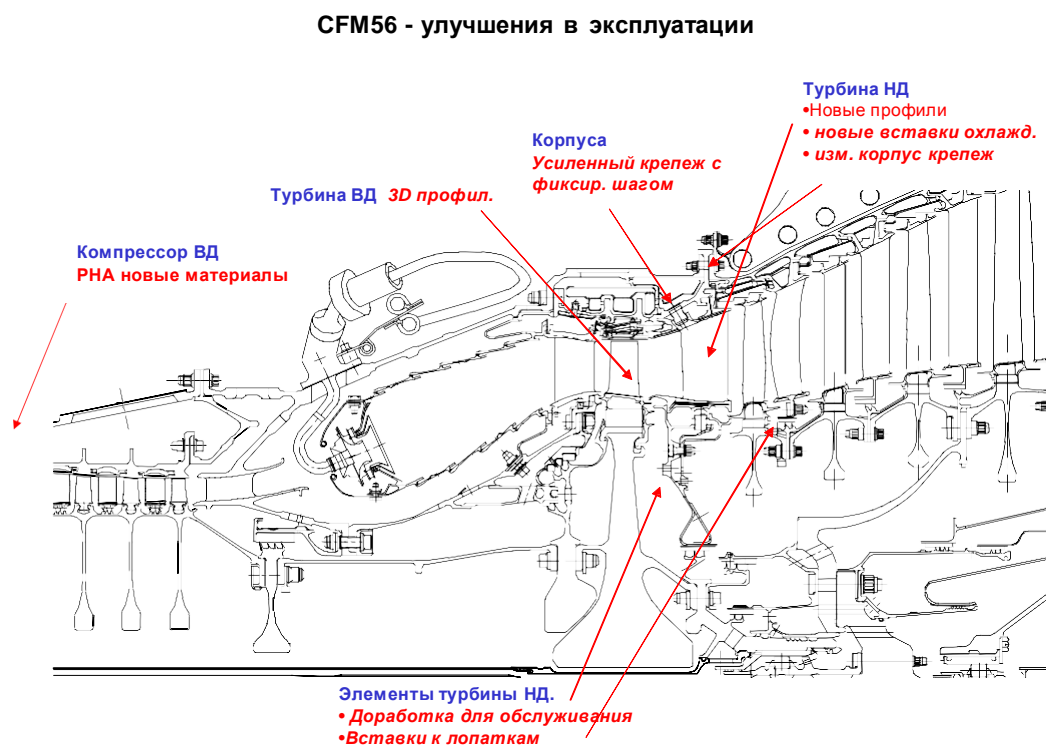


Рис.5.7. Развитие серийной модели двигателя CFM56

¹ «Investing in technology (inside GE Transportation, 05/11/2004)»

Аналогичные работы ведутся по другим изделиям. В модели CF6-50 перепроектирована ТВД (рабочее колесо, РК и сопловый аппарат, СА), результат – число рабочих циклов между осмотрами выросло на 25 %. На CFM56-3 изменен компрессор ВД – применено 3D проектирование, турбина ВД – заменены СА, результат - число циклов между осмотрами выросло на 20 % и удельный расход топлива снизился на 1 %. Для заслуженного «ветерана» CF34-3В введены управление радиальными зазорами ТВД и замена лопаток, результат – удельный расход топлива снизился на 3 %, число циклов между осмотрами выросло на 20 %.

Рассмотрим перечень улучшений для двигателя GE90. Показаны изменения в модели 115В.

<i>Технология</i>	<i>Результат</i>
Наклон лопатки вентилятора	Улучшение характеристик
3-D Профили компрессора ВД	--<<
3-D Профили турбины ВД	--<<
3-D Профили турбины НД	--<<
Блиск 1 ступени КВД	Снижение веса
Доработка коробки агрегатов	--<<
Составная жаровая труба	Снижение стоимости обслуживания
ТВД - снижение числа лопаток	--<<
ТНД - снижение числа лопаток	--<<
Новый блок САУ FADEC III	Расширение программ управления.

В заключение главы приведем впечатляющий пример резервов совершенствования конструкции изделия на протяжении периода его эксплуатации. В программе самолета F-18 при переходе от модификации от Boeing F/A-18C/D «Hornet» к Boeing F/A-18E/F «Super Hornet» на 25 % увеличены характеристики самолета по грузоподъемности, двигатель заменен на более мощный и на 42 % уменьшено количество деталей, что заметно сократило сроки и стоимость производства этой широко продаваемой модели палубного самолета. Например, для передней части фюзеляжа удалось сократить количество частей с 5 900 до 3 300 ед. В блоке «Крылья и оперение» достигнуто уменьшение количества деталей от 1 770 до 1 030 ед.

Также показательно сравнение характеристик (пассажировместимости, дальности полета и т.п.) первых и последних (перед снятием с производства) модификаций отечественных самолетов Ил-18, Ту-104 и др. Для столь долгоживущих изделий, как воздушные суда, естественной является стратегия эволюционного совершенствования базовой конструкции, раскрытия ее модернизационного потенциала. Разумеется, это возможно лишь при условии тщательного конструкторского сопровождения эксплуатации изделий, учета требований и пожеланий заказчиков. Снова можно напомнить: продажа авиатехники – это контракт на всю жизнь.

ГЛАВА 6. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ РАБОТЫ В ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АВИАТЕХНИКИ

6.1. Виды НИР в обеспечении создания новой техники

Как и в других главах этой книги, здесь не предполагается детально рассматривать технологии научно-исследовательских работ (НИР), сложнейшие и специфические проблемы их организации и управления научными учреждениями. В первую очередь, материал этой книги ориентирован на конструктора авиационной техники, работающего в авиастроительной компании. Посмотрим «его глазами» на задачи НИР в авиационной науке и проблемы их реализации.

Упрощенно НИР можно разделить на 3 вида. Фундаментальные (насколько такой термин применим к отраслевой науке) работы – удел отраслевых НИИ (например, ЦАГИ, ВИАМ, ЦИАМ) или национальных лабораторий, NASA и т.п. организаций, функционирующих за государственный счет. Их результатом являются новые фундаментальные знания о природе, закономерностях функционирования и развития техники. Как на базе этих знаний решить насущные проблемы, стоящие перед авиацией? На этот вопрос отвечают поисковые исследования, результатом которых будут *демонстраторы* технологий. Они также проводятся в рамках госпрограмм, но возможно и коллективное участие заинтересованных фирм. Наконец, прикладные исследования, ориентированные на внедрения «завтрашнего дня», авиастроительные компании проводят за свой счет. Такие НИР принято развивать на заработанные средства в минимально выгодном экономически объеме. Внедрение результатов НИР желательно проводить на серийных изделиях в небольших объемах (см. гл. 5), постепенно набирая критическую массу изменений для создания нового продукта, с параметрами, существенно превышающими конкурентные, в сегменте, имеющем достаточный спрос.

Чем обусловлена такая осторожность? За рубежом компания-разработчик несет всю полноту ответственности за проданный продукт. Т.е. если расход топлива на изделии на 0,01 больше указанного в техническом паспорте ВС, то изготовитель платит авиакомпании за недобор прибыли регулярные штрафы. Поражает тщательность определения реальных характеристик при испытаниях коммерческого двигателя. Проводится многократное измерение параметров, испытатели добиваются минимизации разброса по экспериментальной кривой в диапазоне режимов от «малого газа» до «максимала» в пределах точности по удельному расходу топлива менее 0,1 % для каждого двигателя. Существует процедура аттестации испытательных стендов ремонтных организаций (где обслуживаются

двигатели компании) по всему миру для минимизации расхождений в показателях. С целью верификации используют т.н. «золотой двигатель», т.е. единый объект для разных стендов. Исправления дефектов двигателя (речь не идет о нарушении правил эксплуатации) разработчик делает за свой счет. В РФ до недавнего времени существовала практика, что разработчик доводил продукт до кондиций за деньги покупателей, и требовал выплаты за т.н. *авторское сопровождение*. В западном мире авторское сопровождение подразумевает гарантии разработчика, что продукт соответствует требованиям, и возможные издержки на устранение несоответствий или их компенсацию несет также он. Новые КБ при производстве, появившиеся в РФ в последнее десятилетие, были вынужденной мерой – попыткой заводов получить то, что им нужно, а не становиться в позе просителя к разработчику с просьбой доработать продукт, который тому уже неинтересен. Экономическая связь всех создателей (разработчиков, производителей) при работе над продуктом есть необходимая часть процесса развития авиатехники (и соответствует принципам системной инженерии).

На западных фирмах инженерный персонал разрабатывает новинки за счет прибыли компании, т.е. кровно заинтересован в том, чтобы фирма в целом выпускала конкурентоспособную продукцию (сокращение бюджета разработчиков GE на 30 % в 2005 году произошло из-за проблем с продавцами уже готовой продукции, компания проиграла Rolls-Royce два тендера). Программы разработок тщательно обосновываются в бизнес-плане. Трудно предложить руководству некупаемую идею в стиле «следующее поколение двигателей должно стоить в сто раз больше, так как это путь в будущее». В мире подобный опыт уже имеется, и поэтому КБ, как самостоятельные фирмы, исчезли. Сегодня все зарубежные компании используют многоуровневую систему поиска и разработки новых технических решений при опоре на производственные успехи.

Для перспективных исследований компании организуют центры НИОКР (R&D), которые активно изучают всю доступную информацию, готовят предложения по поисковым (и высокорисковым) работам, а затем предлагают эти НИОКР конструкторским подразделениям фирмы в соответствии с их специализацией. При наличии некоторой критической массы технологических новинок, достаточной для создания реального «прорывного» продукта, фирмы могут кооперироваться, получая государственные гранты на разработку т.н. *изделий – демонстраторов*. Неизменными принципами остаются конкурсность получения гранта на программу (фирмы разрабатывают свои предложения по облику демонстратора, а приемная комиссия решает, кто ближе подошел к цели), а также общедоступность результатов проведенной работы. Сам по себе демонстратор не предназначен для серийного тиражирования – он лишь показывает принципиальную возможность реализации новых конструктивно-технологических решений. После опробования демонстратора фирма использует наработки для

создания коммерческой продукции. Для упрощения принятия решений о продвижении исследований, создают различные инструменты для менеджеров, например, классификацию уровней зрелости технологий и производства (подробнее см. раздел 6.3.1).

Важным этапом НИР является разработка концептуального облика нового продукта, или в современных терминах, архитектуры системы, т.е. структуры ВС, включающей компоновку планера, основные компоненты, связи между ними, их взаимодействие для удовлетворения системных требований, и принципы их проектирования и развития. Основные характеристики системной архитектуры включают формирование стратегического подхода, решения ключевых узлов и изобретения, высокоуровневые решения для системы в целом. Эти решения оказывают сильное влияние на качество, стоимость и график последующих работ.

Если принято решение о проведении работ, основное подразделение компании определяет бюджет НИОКР и финансирует содержание работ исследовательского отдела. В многопрофильных фирмах поисковые группы объединяются по схожим направлениям для сокращения непроизводительных затрат.

Примером может служить исследовательский центр корпорации GE в Нискайоне, США, где трудится, кажется, сборная всех народов мира. Центр работает в интересах всех подразделений концерна, специализируясь на фундаментальных находках. Различные подразделения обозначают свои потребности, центр находит наиболее продвинутое решение и пытается их коммерциализовать. При наличии положительного результата, за работу берутся уже инженерные службы соответствующего направления, чтобы использовать новинку в перспективных продуктах.

При наличии некоторого количества технологических новинок, достаточного для создания реального «прорывного» продукта, фирмы инициируют выделение государственных грантов на разработку т.н. *технологических платформ*, завершающихся созданием демонстраторов. В 80-е годы прошлого века широкую известность в авиадвигателестроении получила программа E³, “energy efficiency engine”. Сейчас количество таких программ возросло. После опробования передовых решений на демонстраторе, фирма за свои средства разрабатывает новый продукт, который включает ту часть инноваций демонстратора, которая может быть реализована в рамках коммерческого проекта (т.е. быстро, надежно, и сравнительно эффективно экономически).

В разделе 6.4 приведен обзор современных программ поисковых НИР двигателестроительных и самолетостроительных компаний.

6.2. Экономические аспекты реализации НИР

6.2.1. Новизна изделия и технический риск

Известно, что ведущие наукоемкие компании мира, несмотря на то, что в рекламных целях они всячески подчеркивают принципиальную новизну каждого последующего типа изделий, в реальности чрезвычайно осторожно внедряют радикальные инновационные решения в конструкцию и технологию производства сложной продукции. Как правило, они избегают одновременного применения слишком большой доли новых компонентов в очередных поколениях изделий. В некоторых сферах – например, в оборонно-промышленном комплексе ведущих промышленно развитых стран мира – соответствующие ограничения даже формализованы, т.е. введены лимиты на максимально допустимую долю новых компонент в составе перспективных изделий. Разумеется, само по себе такое ограничение:

- трудно формализуемо, поскольку возникает проблема количественного измерения степени новизны сложного изделия (по числу новых элементов, по их стоимости, коэффициенту влияния и т.д.);
- иногда принципиально невыполнимо, поскольку некоторые новые технологии и конструктивные решения не могут быть внедрены изолированно, и требуют коренного изменения конструкции изделия и технологий производства значительной доли его элементов.

Иначе говоря, технологические разрывы, наблюдающиеся в динамике развития многих отраслей, непреодолимы эволюционным путем. Например, преодоление звукового барьера в боевой авиации (и даже существенное повышение скоростей полета гражданских самолетов, хотя они и остались дозвуковыми) было невозможным при сохранении винтового двигателя и поршневых двигателей – потребовался переход к реактивным двигателям. Естественно, они в принципе не могли сохранить значительную преемственность с поршневыми по конструкции, узлам и агрегатам, технологии изготовления. Важно подчеркнуть, что в связи с этим далеко не все авиадвигателестроительные предприятия сохранили свой профиль.

Проанализируем экономические аспекты ограничения степени новизны сложных наукоемких изделий. Каковы мотивы такой политики и ее последствия для самих разработчиков и производителей наукоемкой продукции, для ее потребителей и эксплуатантов? Сохранение преемственности с предыдущими типами изделий позволяет заказчикам избегать радикальных изменений практики эксплуатации, смягчает потребность в обучении персонала. Что касается производителя наукоемкой продукции, он также заинтересован в постепенном обновлении конструкции и технологии производства изделий, поскольку это позволяет планомерно проводить переобучение персонала, техническое перевооружение предприятий и т.п. Немаловажно, что при такой динамике обновления изделий снижается потребность в заемных средствах, поскольку нередко удается обеспечивать

непрерывность денежных потоков. Если бы одновременно пришлось разрабатывать и осваивать серийное производство большого количества элементов наукоемких изделий, возникала бы значительная пиковая потребность в финансовых ресурсах.

Заметим, что все вышеприведенные соображения касаются именно ожидаемых значений производственно-экономических показателей (выпуска, затрат, выручки, прибыли и т.п.) Однако, проявляя осторожность при определении степени новизны очередного типа изделий, их производители (как и заказчики), прежде всего, руководствуются соображениями снижения риска. Высокая степень новизны, одновременное внедрение большого количества радикальных инноваций порождают значительные риски – прежде всего, технические. В то же время, высокая степень новизны обещает и более значительное повышение качества и конкурентоспособности продукции, дает шанс на выигрыш в инновационной гонке. Найти оптимальный баланс между ожидаемым результатом и риском – одна из важнейших задач планирования инновационного развития. Широко известны методы решения описанной проблемы, претендующие на точность – например, *FMEA, Failure Mode and Effect Analysis* (т.е. анализ видов и последствий отказов, АВПО)¹, *функционально-стоимостной анализ* (ФСА). Однако к недостаткам этих подходов относятся их сложность, требовательность к наличию исходной информации, которая даже при использовании современных информационных систем далеко не всегда может быть доступна. Недостаток объективно измеримой информации восполняется экспертными оценками по сравнительным, балльным шкалам, что делает эти подходы не столь уж строгими. В ряде работ, напротив, изначально используются именно методы экспертных оценок, подходы на основе нечеткой логики и т.п. Здесь достаточно приближенных оценок, позволяющих сделать некоторые качественные выводы.

Предположим, что сложное изделие состоит из n элементов (функциональных модулей, агрегатов, деталей и узлов²), из которых m являются новыми, а, соответственно, $(n - m)$ – старыми, т.е. использовались в предыдущих типах изделий. Для последней категории элементов имеется опыт производства и эксплуатации, проведена необходимая доводка и т.п. Что касается новых элементов, каждый из них способен повысить качество изделия в целом, по сравнению с ранее достигнутым уровнем. Однако с каждым из них сопряжен и риск того, что изделие в целом не будет

¹ См. Приложение П. 0 и книгу

Александровская Л.Н, Афанасьев А.П., Лисов А.А. Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / М.: Логос, 2001 – 208с.

² Выделение таких элементов, как уже было отмечено, представляет собой отдельную методическую проблему. Кроме того, новыми могут быть не только элементы конструкции изделий, но и отдельные технологии их изготовления (даже без изменения конструкции).

удовлетворять предъявляемым к нему требованиям – по крайней мере, в установленные сроки. Новый элемент может потребовать доработки, доводки и т.п. Для простоты в данной модели все элементы изделия рассматриваются обезличенно, поэтому введем усредненную по всем новым элементам вероятность того, что отдельный элемент вызовет провал проекта в целом p_3 . При необходимости данное упрощение может быть снято, и для каждого элемента могут быть введены индивидуальные характеристики.

Обусловленные новизной риски касаются не только изолированных элементов изделия, но и связей между ними. В сложных системах особое значение приобретают взаимосвязи отдельных элементов, причем, нередко прогнозирование взаимодействия и взаимовлияния элементов такой системы является практически невозможным – в противном случае, о техническом риске не пришлось бы говорить в принципе. И хотя в традиционных методологиях функционально-стоимостного анализа, анализа видов и последствий отказов (ФМЕА), и т.д., декларируется необходимость учета всех возможных связей между элементами будущего изделия, в реальности она остается, во многом, лишь декларацией (что ставит под сомнение претензии соответствующих подходов на точность и строгость). Можно привести множество примеров из истории создания сложных технических систем, когда проявлялось непредсказуемое (по крайней мере, не предсказанное на стадии разработки новых изделий) влияние связей между отдельными элементами системы. Так, весьма многочисленны примеры нежелательной аэродинамической интерференции между элементами планера, силовой установки летательных аппаратов – «затенение» крылом высоко расположенного хвостового горизонтального оперения на больших углах атаки (с последующей потерей его эффективности), режим «вихревого кольца» для соосно расположенных несущих винтов вертолетов, разнообразные явления аэроупругости (т.е. взаимодействия аэродинамических и упругих сил), нежелательное взаимодействие аэродинамических и аэроупругих эффектов и системы управления, и т.п. Целый ряд таких эффектов был выявлен лишь на этапе летных испытаний, в т.ч. с тяжелыми последствиями.

Легко подсчитать, что новые элементы связаны со старыми $m \cdot (n - m)$ связями. Предположим, что каждая такая связь порождает риск провала проекта в целом, выражающийся вероятностью $p_{сн}$. Число связей

между новыми элементами составляет $\frac{m \cdot (m - 1)}{2}$ ¹. Таким связям соответ-

ствует еще большая вероятность негативного влияния на успешность проекта $P_{нн} > P_{сн}$.

¹ Коэффициент 2 в знаменателе отражает то, что рассматриваются двусторонние связи, поэтому связь элемента A с элементом B и связь элемента B с элементом A – это, фактически, одна и та же связь.

² Здесь для простоты считается, что связь между старыми элементами, как и сами старые элементы, являются практически «безрисковыми».

На основе введенных выше характеристик можно оценить интегральный риск провала проекта по причине технических рисков, связанных с новизной элементов изделия. Итак, в составе изделия, включающего в себя n элементов, имеется m новых элементов, каждый из которых может вызвать провал проекта с вероятностью $p_{\text{Э}}$. Также неудачный исход проекта могут вызвать неисследованные (в силу новизны) связи: любая из $m \cdot (n - m)$ связей новых элементов со старыми – с вероятностью $p_{\text{СН}}$, и любая из $\frac{m \cdot (m - 1)}{2}$ связей новых элементов с новыми – с вероятностью

$p_{\text{НН}}$. Успешное развитие проекта возможно лишь в том случае, когда ни одно из вышеперечисленных событий не реализуется. Вероятность такого сочетания событий равна произведению вероятностей отсутствия негативного влияния на изделие всех новых элементов и связей¹:

$$P = (1 - p_{\text{Э}})^m \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m(n-m)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m(m-1)}{2}}.$$

Поскольку во всех остальных случаях наступает провал проекта, его вероятность может быть выражена следующим образом:

$$R = 1 - P = 1 - (1 - p_{\text{Э}})^m \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m(n-m)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m(m-1)}{2}}. \quad (*)$$

Аналогичный вероятностный подход применяется во многих известных методиках² для оценки вероятности успешного завершения инновационного проекта при наличии нескольких факторов риска. Однако в данной модели особое внимание уделяется именно влиянию новизны перспективного изделия на уровень технического риска. Причем, в отличие от упомянутой работы, здесь изначально принимается во внимание практическая невозможность достоверного прогнозирования вероятностей негативного влияния на реализацию проекта новых элементов изделия и связей между ними. Данная модель относится к классу «мягких», т.е. нацелена лишь на установление качественных закономерностей и получение приблизительных оценок.

Анализ полученного выражения (*) показывает, что с ростом степени новизны сложного изделия, риск провала проекта возрастает: $\frac{\partial R}{\partial m} > 0$.

Причем, если степень новизны измерять как долю новых элементов в составе изделия: $\alpha = \frac{m}{n}$, она не является параметром подобия в полученном

выражении для общего риска провала проекта. Это соответствует действительности и не является исключительно особенностью данной модели.

¹ Считается, что различные факторы риска действуют независимо.

² См., например, Орлов А.И. Менеджмент: учебник / М.: Изд-во «Измурд», 2003 – 298 с.

При увеличении сложности изделия, т.е. общего количества элементов n и фиксированных вероятностях $p_{\text{Э}}$, $p_{\text{СН}}$, $p_{\text{НН}}$, риск возрастает (причем, нелинейно), поскольку растет число порождающих риск новых элементов и связей. Что касается влияния меры новизны α , с ее ростом риск, разумеется, увеличивается, но предельный прирост сокращается: $\frac{\partial^2 R}{\partial \alpha^2} < 0$.

На рис. 6.1 изображены полученные по формуле (*) графики зависимости общего риска провала проекта от степени новизны $R(\alpha)$ при двух значениях показателя сложности изделия: $n=10$ и $n=20$. В расчетах приняты следующие значения вероятностей провала проекта из-за появления новых элементов и связей: $p_{\text{Э}}=1\%$, $p_{\text{СН}}=2\%$, $p_{\text{НН}}=3\%$. Отметим, что это чрезвычайно оптимистичные оценки даже при небольшой степени новизны самих элементов. Но и при таких значениях исходных данных для изделия, содержащего всего 10 элементов, показатель новизны, равный 40 %, приводит к общему риску провала проекта около 50 %. Если же изделие будет вдвое сложнее, при том же уровне новизны вероятность провала превысит 90 %, что вряд ли можно считать приемлемым в любой реальной ситуации.

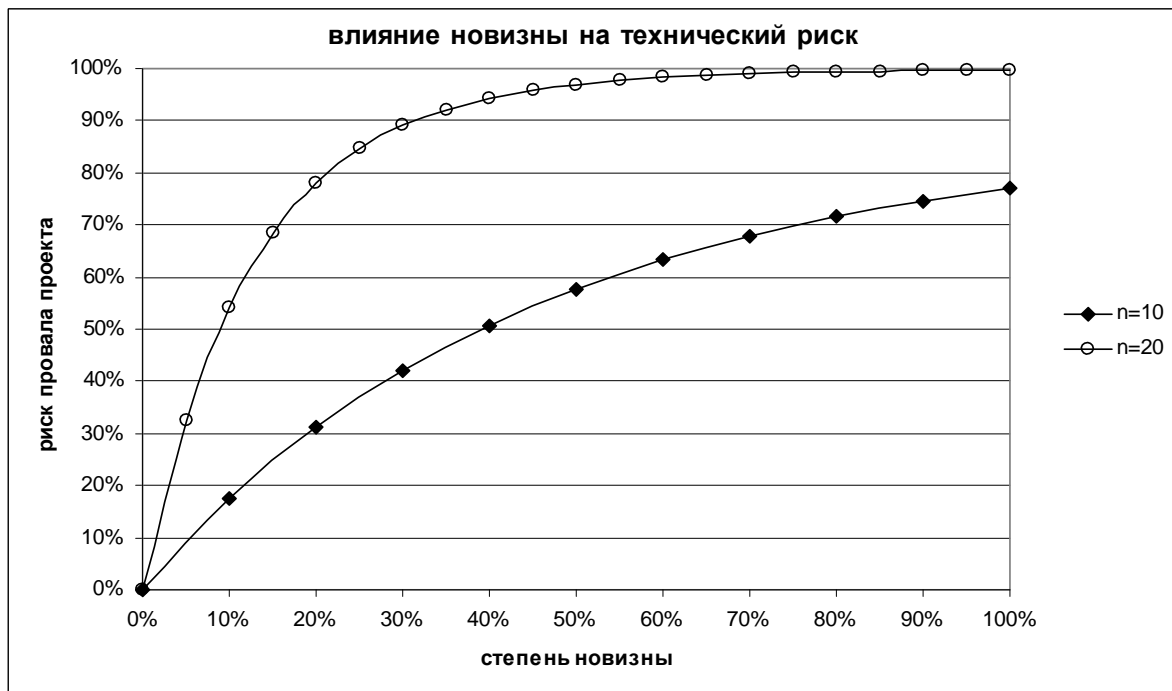


Рис. 6.1. Зависимость общего риска провала проекта от степени новизны изделия

Полученные оценки показывают, что даже при весьма малых рисках, сопряженных с отдельными новыми элементами и связями (порядка нескольких процентов), а также при малой сложности изделий (порядка 10–20), относительно приемлемые значения общего риска провала проекта или срыва сроков его реализации (не более 50 %, хотя на практике и такой

уровень будет признан очень высоким) обеспечиваются лишь при уровне новизны, не превышающем 10-40 %.

Стремление разработчиков сложной техники и ее заказчиков внедрять новшества поэтапно, выдерживая на каждом этапе малую степень новизны, совершенно оправдано. Поскольку при таком эволюционном внедрении новшеств в конструкцию и технологию изделий их выпуск и эксплуатация не прерываются, соответствующие риски сокращаются за счет эффекта обучения, и новые элементы (а также новые связи), введенные на очередном этапе, к его окончанию переходят в разряд «старых», т.е. $p_{\Sigma}, p_{CH}, p_{HH} \rightarrow 0$, в терминах данной модели. На первый взгляд, такая осторожность ограничивает темп научно-технического прогресса в данной области техники, однако необходимо учитывать и риск его полной остановки при неблагоприятном сценарии развития. Провал революционного проекта может отбросить назад всю соответствующую отрасль, причем, поскольку одновременно было внедрено множество новых элементов и решений, затрудняется поиск причины провала, и нередко случается, что вся эта совокупность новых решений объявляется бесперспективной. История развития авиации содержит целый ряд примеров таких неудач.

Таким образом, по возможности, следует придерживаться стратегии эволюционного обновления конструкции и технологии производства сложных изделий. Однако, как отмечено выше, в период смены технологических укладов, преодоления технологических разрывов нет альтернативы массовому внедрению большого количества новых конструктивно-технологических решений. А оно, как показывают вышеприведенные расчеты, сопряжено с высоким – порядка 1 – риском недостижения заданных параметров нового изделия в заданный срок.

6.2.2. Экономические аспекты реализации высокорисковых НИР

Описанная в п. 1 жесткая временная конкуренция на рынках высокотехнологичной продукции требует специфических стратегий инновационной деятельности. Традиционно рекомендуется сосредоточить усилия и ресурсы компании на наиболее перспективном направлении поисковых исследований. На первый взгляд, наиболее целесообразно форсировать исследования путем многократного увеличения финансирования работ.

Однако, во-первых, в реальности увеличение финансирования редко приводит к пропорциональному сокращению сроков получения результата. Как правило, вложения в форсирование работ (в т.ч., НИОКР) характеризуются *убывающей предельной отдачей*. Это означает, что, например, увеличив поток финансирования (а также число задействованных в проекте специалистов, вычислительные мощности и т.п.) вдвое, не удастся ускорить завершение проекта ровно в 2 раза – скорее всего, результат будет

скромнее. Тому есть объективные причины в каждой конкретной сфере деятельности – в т.ч. и в прикладной науке.

Во-вторых, серьезную проблему представляет собой определение наиболее перспективного направления, которое и приведет к успеху. Даже если бы это было принципиально возможно, выделение приоритетов неизбежно сопряжено с внутрифирменными конфликтами, в которых далеко не всегда одержат верх сторонники действительно наилучшего варианта. Но важнейшая особенность поисковых НИР состоит именно в том, что их успех не гарантирован, и время достижения успеха является чрезвычайно неопределенным. Поэтому, вопреки общепринятым рекомендациям, игнорирующим эту особенность, может оказаться целесообразным *диверсифицировать*¹ поисковые исследования, одновременно начиная поиск «прорывных» решений в нескольких направлениях. Даже если каждый поисковый проект в отдельности имеет мало шансов увенчаться успехом, ожидаемое время достижения желаемого результата хотя бы в одном проекте может снижаться с ростом их количества. Для иллюстрации этого эффекта может быть использована следующая упрощенная модель. Предположим, что запущено n поисковых проектов, нацеленных на достижение «прорывного» превосходства новой продукции над старой. Обозначим τ среднее время достижения успеха (т.е. целевого «прорывного» уровня характеристик перспективной продукции) в единичном поисковом проекте. Тогда можно приближенно считать, что вероятность достижения успеха в течение года равна $\frac{1}{\tau}$, вероятность недостижения успеха – $\left(1 - \frac{1}{\tau}\right)$. Если реализуемые параллельно проекты независимы друг от друга, вероятность того, что ни в одном проекте в течение года не будет достигнуто успеха, равна произведению n множителей, равных вероятностям неудачи в отдельных проектах, т.е. $\left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n$. Соответственно, вероятность успеха хотя бы одного поискового проекта в течение года равна $\left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n\right]$.

Естественно, если хотя бы в одном проекте удастся достичь целевого уровня характеристик, вся программа НИР считается успешно завершенной. Таким образом, можно оценить вероятность достижения успеха поисковых НИР ровно через $T_{\text{НИР}}$ лет:

$$P\{T_{\text{НИР}}\} = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n\right] \cdot \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n(T_{\text{НИР}}-1)}, \quad (**)$$

¹ *Диверсификацией* называется распределение ресурсов между несколькими направлениями использования (например, вложение средств в акции нескольких различных предприятий или отраслей) для снижения риска. С вероятностной точки зрения, диверсификация эффективна, когда риски, действующие для разных объектов вложения ресурсов, независимы.

поскольку данное событие является сочетанием следующих событий:

- в течение $(T_{\text{НИР}} - 1)$ лет ни в одном поисковом проекте не удается достичь успеха (вероятность такого события равна вероятности неудачи во всех n проектах, причем, в течение $(T_{\text{НИР}} - 1)$ лет, т.е. $\left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n(T_{\text{НИР}} - 1)}$);
- в году $T_{\text{НИР}}$ успех достигается хотя бы в одном проекте (как показано выше, вероятность этого равна $\left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n\right]$).

Соответственно, вероятность такого сложного события, как достижение успеха поисковых НИР ровно через $T_{\text{НИР}}$ лет, равна произведению вероятностей событий, его составляющих.

Зная вероятности достижения успеха поисковых НИР в различные сроки (например, определяя их по формуле (**)), можно оценить ожидаемую продолжительность этапа НИР:

$$\bar{T}_{\text{НИР}} = \sum_{T=1}^{+\infty} T \cdot P\{T\} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n}. \quad (***)$$

Она обратно пропорциональна вероятности достижения успеха в течение года хотя бы в одном проекте. С ростом числа одновременно реализуемых проектов НИР, ожидаемый срок достижения успеха сокращается: $\frac{\partial \bar{T}_{\text{НИР}}}{\partial n} < 0$. Однако увеличение числа направлений НИР требует увеличения

затрат. Следует подчеркнуть, что диверсификация поисковых исследований ни в коем случае не подразумевает распыления средств, достаточных для проведения лишь одного полноценного исследования. Такая политика (к сожалению, проводившаяся во многих наукоемких отраслях российской промышленности в 1990-е гг.) в принципе не может быть успешной, и ведет лишь к неэффективному использованию ограниченных средств. Напротив, каждый поисковый проект должен финансироваться в полном объеме, необходимом для успешного проведения исследований в данном направлении, до тех пор, пока хотя бы одно из направлений поиска не приведет к успеху. Как будет меняться потребный объем затрат на НИР по мере увеличения числа направлений поиска? Не окажется ли диверсификация поисковых НИР слишком дорогостоящим средством их ускорения?

Обозначим $c_{\text{проект}}$ среднегодовой объем финансирования, необходимый для полноценного продолжения одного поискового исследовательского проекта. Тогда ожидаемые затраты на поисковые НИР можно оценить, учитывая формулу (**), следующим образом:

$$\bar{C}_{\text{НИР}} = c_{\text{проект}} \cdot n \cdot \bar{T}_{\text{НИР}}(n) = \frac{c_{\text{проект}} \cdot n}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n}, \quad (****)$$

где произведение $(n \cdot \bar{T}_{\text{НИР}})$ имеет смысл объема НИР в «проекто-годах». Поскольку знаменатель полученной дроби монотонно возрастает с ростом n , ожидаемые затраты на всю программу НИР увеличиваются медленнее, чем число одновременно реализуемых проектов. На рис. 6.2 рассмотрен следующий пример: $\tau = 5$ лет, т.е. каждое направление поисковых исследований с вероятностью 20 % приведет к успеху в течение года, а с вероятностью 80 % – не приведет.

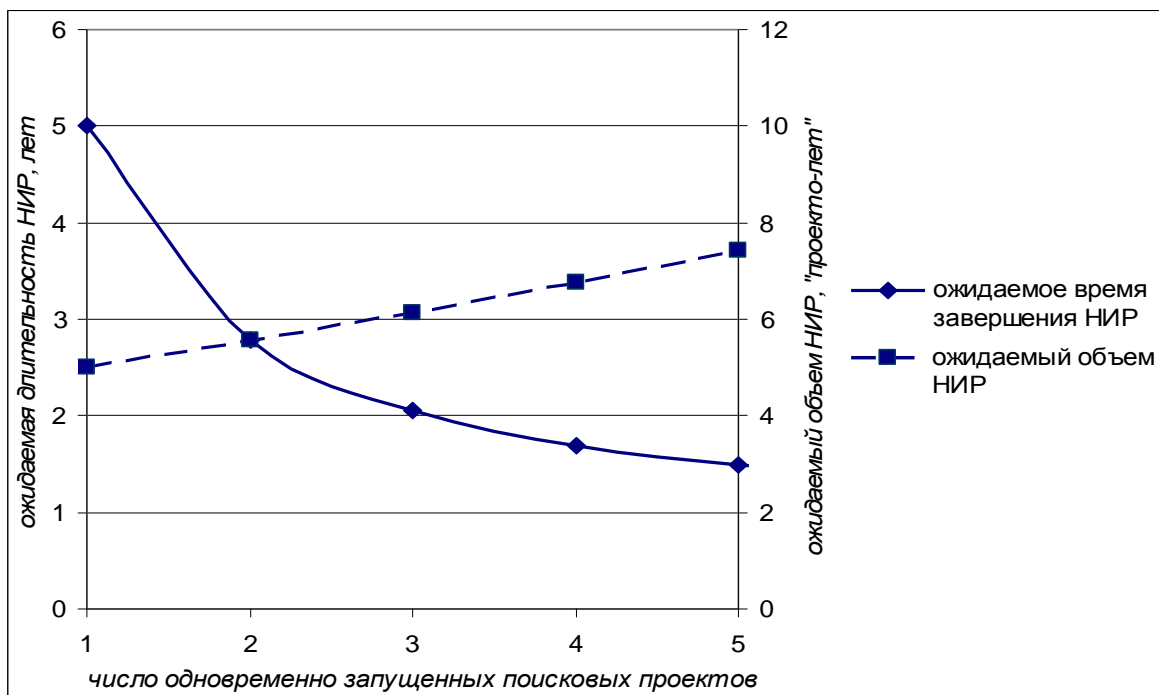


Рис. 6.2. Влияние диверсификации поисковых исследований на ожидаемую длительность и стоимость НИР

Если исследования вести в единственном направлении, ожидаемый срок достижения результата составит 5 лет; если вести поиск одновременно в двух направлениях, этот срок сократится приблизительно до 2,8 лет, и т.д., см. формулу (***)). Что касается затрат на НИР, то они, как и было обосновано выше, возрастают медленнее, чем количество поисковых проектов: если реализуется единственный проект, ожидаемый объем затрат соответствует 5 «проекто-годам», при двух проектах он возрастет приблизительно до $2 \cdot 2,8 = 5,6$ «проекто-лет», и т.д., согласно формуле (***)).

Достижение успеха исследовательского проекта может быть до определенной степени форсировано за счет дополнительного финансирования (т.е. $\frac{\partial \tau}{\partial c_{\text{проект}}} < 0$). Пользуясь предложенной моделью, можно оценить,

что выгоднее – форсирование НИР или их диверсификация. Рассмотрим две альтернативы: вести поисковые исследования в n направлениях, каждое из которых обещает успех, в среднем, через τ лет, либо ограничиться единственным направлением поиска, но сократить ожидаемый срок достижения результата в n раз за счет дополнительного финансирования. Согласно формуле (***) , в первом случае ожидаемая длительность этапа поисковых НИР составит

$$T_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, n} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n} = \frac{1}{\left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)\right]^n} = \frac{\tau}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}}; \tau > 1,$$

а во втором –

$$\bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, 1} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n} = \frac{\tau}{n}.$$

Поскольку при $\tau > 1$, $\left(1 - \frac{1}{\tau}\right) < 1$, $\Rightarrow \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1} < n$, и $\bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, 1} < \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, n}$, т.е.

ожидаемая длительность НИР при форсировании заведомо ниже, чем при диверсификации. Однако, как было отмечено выше, увеличение финансирования редко приводит к пропорциональному сокращению сроков получения результата. Резонно предполагать, что сокращение в n раз ожидаемого срока достижения успеха в одном проекте потребует увеличения ежегодного финансирования проекта в $x > n$ раз. Тогда ожидаемые затраты на диверсифицированные НИР составят

$$\bar{C}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, n} = n \cdot c_{\text{проект}} \cdot \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, n} = n \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{\tau}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}},$$

а на форсированные –

$$C_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, 1} = x \cdot c_{\text{проект}} \cdot \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, 1} = x \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{\tau}{n},$$

и $C_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, n} < C_{\text{НИР}} \Big|_{\tau, 1}$ (т.е. диверсификация поисковых исследований приведет

к сокращению ожидаемой стоимости НИР) при $x > \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}}$.

Разумеется, предлагаемая модель носит чрезвычайно упрощенный характер. В реальности распределение срока достижения успеха проекта может быть существенно сложнее, чем предполагаемый здесь пуассоновский

поток¹ с интенсивностью $\frac{1}{\tau}$. Вообще, как известно специалистам в сфере менеджмента исследований и разработок, реализация НИР сопровождается множеством сложнейших и не всегда формализуемых эффектов. Например, вопреки принятым в модели предположениям, параллельно реализуемые исследовательские проекты могут оказывать друг на друга влияние (даже при независимом финансировании) посредством общения различных групп исследователей, взаимобмена плодотворными (или ошибочными) идеями, и т.п. Поисковые проекты могут запускаться не одновременно, а по мере появления новых перспективных идей (в т.ч., в ходе разработки уже начатых направлений). Тем не менее, данная модель на качественном уровне адекватно отражает возможный эффект диверсификации направлений поисковых НИР. При этом она допускает уточнение путем использования более адекватных законов распределения времени достижения успеха (в т.ч., построенных на основе реальных статистических данных), учета взаимосвязей между отдельными параметрами, и т.п.

Важно учесть, что при диверсификации направлений поиска, помимо возможного сокращения ожидаемых длительности и стоимости поисковых НИР, сокращается риск увеличения длительности НИР сверх ожидаемых значений, и, как следствие – риск запаздывания выхода на рынок относительно конкурентов. В ряде областей (прежде всего, в военной) последствия такого запаздывания не измеряются лишь финансовыми потерями. Поэтому, например, головное исследовательское ведомство министерства обороны США – *DARPA* (*Defense Advanced Research Projects Agency*, т.е. агентство по перспективным оборонным исследовательским проектам) реализует приблизительно такую стратегию, которая обоснована в данном разделе, т.е. поддерживает широкий спектр высокорисковых поисковых исследований. Они проводятся в различных областях науки и техники. Но поскольку результаты подобных поисковых НИР, как правило, имеют двойное назначение, деятельность *DARPA* оказывает и непосредственное воздействие на инновационное развитие гражданского сектора промышленности США². Вообще, финансирование оборонных исследовательских программ стало в наиболее развитых странах мира важным каналом поддержки исследований и разработок в гражданской сфере. Прямая государственная поддержка гражданских разработок ограничена правилами ВТО, но на военные разработки эти ограничения не распространяются. В то же

¹ В то же время, из теории случайных процессов известно, что если поток случайных событий (в данном случае – поток успехов диверсифицированных НИР) является суммой многих потоков случайных событий с произвольными законами распределения, его закон распределения с ростом числа суммируемых потоков (т.е. в терминах модели – если число проектов будет увеличиваться) асимптотически приближается к пуассоновскому.

² В 2012 г. принято решение об организации аналога *DARPA* в РФ.

время, их результаты, обладая двойным назначением, существенно ускоряют инновационное развитие гражданских отраслей (тем более, что большинство предприятий наукоемкой промышленности являются многопрофильными, выпуская как военную, так и гражданскую продукцию).

Говоря о практике реализации высокорисковых разработок за рубежом, следует упомянуть о т.н. *нерегламентируемых НИОКР* в военно-промышленном комплексе США¹. С одной стороны, большую популярность в российской управленческой практике (и не только в инновационном менеджменте, но и в сфере государственного управления) приобрела концепция *программно-целевого управления*. Всячески подчеркивается необходимость четкого определения целей и ожидаемых результатов работы, усиления дисциплины в части выделения средств. Говорится о целесообразности «бюджетирования, ориентированного на результат», а в сфере управления научно-техническими разработками считается единственным возможным линейный алгоритм «планирование – программирование – бюджет». С другой стороны, в США, т.е. на родине этих управленческих концепций, некритически воспринятых в России, уже несколько десятилетий назад осознали их ограниченную применимость в сфере высокорисковых разработок с высокой степенью новизны. Они неизбежно характеризуются существенной неопределенностью результатов и сроков их достижения, поэтому четкая их регламентация (по принципу «откроем новую элементарную частицу в третьем квартале!») неэффективна и практически невозможна. В связи с этим, практикуется выделение средств на проверку тех или иных перспективных идей, причем, заранее допускается, что большая их часть окажется принципиально неудачной, либо потребует доработки, возврата на более ранние стадии. Ожидаемым итогом таких поисковых НИОКР является создание не изделия, готового к серийному тиражированию, а лишь т.н. *демонстратора*, призванного показать принципиальную реализуемость и эффективность совокупности новых конструктивных или технологических решений. Примерами таковых служат многочисленные экспериментальные летательные аппараты серии X, созданные NASA и ведущими аэрокосмическими фирмами США.

6.2.3. Кооперация в сфере инновационных разработок

На данный момент позиции большинства отраслей российской наукоемкой промышленности на мировом, да и на внутреннем рынках, чрезвычайно слабы. Причем, если в серийном производстве еще остается ряд конкурентоспособных продуктов, созданных в советскую эпоху (например, истребители 4-го поколения, вертолеты тяжелого класса), то в сфере

¹ См. *Володин В.В.* Как создать новый бомбардировщик в условиях финансового дефицита // Независимое военное обозрение, 31.07.2009;

Володин В. Боевая авиация: плановое хозяйство в западной экономике // газета “Независимое военное обозрение”, 31.10.2005.

перспективных исследований и разработок за последние десятилетия намечилось угрожающее отставание. Фактически, необходимо рассматривать взаимодействие двух чрезвычайно неравноправных участников: обобщенной зарубежной наукоемкой промышленности (А) и отечественной (В). Необходимо определить такие условия, когда конкуренты будут вынуждены объединиться на стадии поисковых НИР, даже если какой-то игрок обладает подавляющим превосходством и может, в принципе, реализовать инновационный прорыв своими силами. В качестве примера можно рассмотреть аэрокосмическую индустрию США и российское авиастроение. Принимая решение о сотрудничестве, более сильный игрок сознает, что по окончании НИР будет иметь конкурента на стадии серийного производства, а в противном случае такой конкурент появился бы, вероятнее всего, гораздо позже, или не появился бы вовсе. Что может заставить лидера пойти на сотрудничество с относительно слабым партнером? Временной фактор чрезвычайно значим на рынках наукоемкой продукции даже в отсутствие прямой конкуренции, поскольку в условиях динамичного инновационного развития длительность НИОКР по порядку величины становится сравнимой с общей продолжительностью жизненного цикла данного поколения продукции. Т.е. даже монополист на таких рынках фактически конкурирует с производителями продукции следующего поколения. И это соображение может оказаться существеннее, чем опасность появления прямого конкурента на рынке изделий данного поколения.

Распределение между партнерами затрат на совместно проводимые НИР может быть различным. Наиболее простой и, на первый взгляд, естественный вариант таков: стороны могут финансировать каждая свои проекты в таких же объемах, как и при изолированной работе, получая выигрыш за счет меньшего ожидаемого времени завершения поисковых НИР. Однако такой вариант распределения затрат, как будет показано ниже, не является единственно возможным, и не всегда оказывается наиболее эффективным. Совместное проведение поисковых НИР, прежде всего, выгодно слабому конкуренту, который иначе, вероятнее всего, вышел бы на рынки слишком поздно, что может привести к убыточности всей программы (т.е. проявится эффект блокировки). Сам по себе этот вывод тривиален и отражен в широко распространенных рекомендациях, даваемых российской наукоемкой промышленностью: начинать все масштабные инновационные проекты исключительно в кооперации с ведущими зарубежными компаниями и исследовательскими центрами. Однако здесь большее внимание уделяется иному вопросу: при каких условиях кооперация на стадии НИР может быть выгодна и более сильному игроку?

Можно учесть ограниченность ресурсов и производственных мощностей, тогда слабый конкурент, возможно, не составит заметной конкуренции лидеру в период продаж, и воспользоваться его исследовательским потенциалом будет полезнее даже с учетом утраты определенной доли

рынка. Можно поставить обратную задачу: какую максимальную долю рынка (либо, объем продаж, в абсолютных единицах) согласен отвести лидер аутсайдеру, чтобы и лидеру было выгоднее объединиться с аутсайдером на стадии НИР? Как реализовать такой раздел сфер влияния (с учетом антимонопольных ограничений) – предмет отдельного анализа. Однако, во-первых, как отмечено выше, выпуск продукции слабого конкурента может быть ограничен по объективным причинам; во-вторых, антимонопольные ограничения особенно сильны на национальном уровне, а на мировом рынке они, как показывает реальный опыт, практически не ограничивают преобладание нескольких господствующих фирм. В качестве примера приведем проект создания реактивного учебно-тренировочного самолета российским ОКБ им. Яковлева и итальянской фирмой Alenia Aermacsi. Созданные в рамках этого проекта разновидности изделия известны под названиями Як-130 и Aermacsi M-346. Договор между партнерами предусматривал раздел регионов продажи будущих изделий: если российские самолеты могут продаваться, главным образом, на рынках стран СНГ и некоторых стран третьего мира, то итальянская фирма имела преимущественные права на рынках стран-членов НАТО и их союзников.

Кроме того, экономико-математическая модель поисковых НИР, приведенная в предыдущем разделе, является чрезвычайно упрощенной и не учитывает целого ряда факторов, которые в реальности могут обусловить сильную заинтересованность ведущих зарубежных центров наукоемкой индустрии в сотрудничестве с российскими наукой и промышленностью. Прежде всего, все направления поисковых НИР в этой модели рассматриваются как равноправные, обезличенные. На практике среди возможных направлений поиска всегда можно выделить более и менее перспективные, обещающие успех в относительно ранние или поздние сроки, требующие различного объема затрат и т.п. И даже несмотря на значительную потерю научно-технического и кадрового потенциала, происшедшую в последние годы, российская наукоемкая промышленность еще обладает *ключевыми компетенциями* по ряду направлений, которые представляются весьма перспективными для создания качественно новых поколений наукоемкой продукции. Наличие ключевых компетенций здесь означает, что зарубежные партнеры не смогут в обозримом будущем реализовать эти направления поиска при любом объеме финансирования. Такое положение дел может сложиться благодаря значительному заделу, накопленному отечественными наукой и промышленностью еще в советскую эпоху, за долгие годы исследований и при наличии необходимого ресурсного обеспечения. Чтобы отразить в моделях этот эффект, можно более детально рассмотреть возможные ограничения, действующие на этапе поисковых НИР. Так, российские наука и промышленность могут обладать *ключевыми компетенциями* в нескольких направлениях поиска, однако имеющееся в стране ресурсное обеспечение может быть достаточным для

полноценного развития лишь одного проекта, или даже недостаточным для этого. Зарубежным партнерам может быть выгодно обеспечить российским предприятиям необходимые финансирование, материально-техническую базу и т.п. с целью расширения спектра направлений поисковых исследований и доступа к наиболее перспективным из этих направлений.

Как примеры конструктивного направления, отметим наличие в РФ неплохой по мировым меркам стендовой базы для испытаний самолетов, двигателей и их компонентов (ЦАГИ, ЦИАМ и др.). Также имеются удачные попытки участия в Европейских исследовательских программах воздушного транспорта. В этих процессах с нашей стороны не хватает открытости, четкой программы развития, стратегии на 10–20 лет, с максимальным использованием имеющейся материальной базы, развитием необходимых элементов инфраструктуры, быстрым применением результатов в реальных конструкциях. Этим последним моментам можно поучиться прямо в Интернете, на соответствующих сайтах исследовательских организаций Европы и Америки. В РФ имеется перечень критических технологий, было бы неплохо развить под авиационные направления сфокусированную на результат программу действий.

Был проведен¹ экономико-математический анализ оптимальных стратегий поведения российской и обобщенной зарубежной наукоемкой промышленности в зависимости от следующих факторов:

- экономических параметров новой рыночной ниши (натуральной и стоимостной емкости, параметров себестоимости изделий, ожидаемой продолжительности ЖЦИ и др.) и распределения объемов продаж между конкурентами на стадии серийного производства;
- ожидаемой продолжительности поискового исследовательского проекта (до момента достижения успеха) τ и среднегодовой стоимости его финансирования $c_{\text{проект}}$;
- наличия у российской промышленности ключевых компетенций в том или ином количестве направлений поисковых НИР, а также объемов ресурсного обеспечения этих НИР.

Проведенные параметрические расчеты позволяют выявить влияние перечисленных факторов на возможности кооперации российской и зарубежной наукоемкой промышленности при создании принципиально новых поколений продукции. Если на конкурентной стадии интересы какого-либо игрока будут сильно ущемлены, он предпочтет проводить поисковые НИР самостоятельно – в надежде на выигрыш во временной конкуренции и получение монопольной прибыли. Причем, он сможет оставаться монополистом в течение длительного времени, если ожидаемая длительность поисковых НИР велика. Если же она, в такой неравноправной ситуации, очень

¹ См. Русанова А.Л., Клочков В.В. Эффективность кооперации в сфере исследований и разработок: временные аспекты / Инновации. № 8. С. 28-34

мала, данный игрок не имеет значимых шансов на длительное монопольное присутствие, и, будучи практически обреченным на малые объемы продаж почти с самого начала ЖЦИ, возможно, предпочтет покинуть данный сегмент рынка. Заведомо неравноправные условия не способствуют взаимовыгодной кооперации, поскольку при этом игрок, интересы которого на стадии продаж ущемлены, фактически, лишь передает результаты своих НИР (что особенно критично при наличии у него ключевых компетенций в отдельных направлениях) более сильному конкуренту. Эти соображения необходимо принимать при выработке политики России в сфере международного научно-технического сотрудничества.

В кризисный для российской наукоемкой промышленности период (1990–2000-е гг.) многие ее отрасли испытывали острый дефицит средств на разработку и освоение производства новой продукции. Известно немало примеров инновационных проектов, которые были прекращены по этой причине на относительно поздних, предпроизводственных стадиях жизненного цикла – например, на стадии ТПП. Т.е. наиболее рискованные (и весьма дорогостоящие) этапы – поисковые НИР, а нередко даже ОКР, испытания и доводка – уже были, в основном, завершены, и оставалось лишь сделать относительно небольшие инвестиции в освоение производства новой продукции. Однако сами предприятия, затратив значительный объем собственных и привлеченных средств на предшествующие этапы ЖЦИ, уже не располагали необходимыми финансовыми ресурсами и возможностями их привлечения на финансовых рынках. Многочисленные примеры таких ситуаций доставляет отечественная¹ авиационная промышленность. Целый ряд новых моделей самолетов, вертолетов (и авиадвигателей к ним) – Ан-70, Ту-334, Су-80, Ан-38, Ми-8МТГ и др., – был продвинут на конечные стадии разработки (причем, в ходе разработки некоторых изделий были успешно решены нетривиальные научно-технические проблемы), иногда даже сертифицирован, но не запущен в массовое производство, хотя многие из этих изделий вполне могли бы пользоваться спросом и на внутреннем, и на мировом рынках.

Описанная дисфункция управления инновационным развитием в России приводит к негативным последствиям не только в ситуациях конкуренции. Не меньший ущерб она приносит и в кооперационных проектах. Например, приведенная выше программа совместного создания нового реактивного учебно-тренировочного самолета (УТС) ОКБ им. А.С. Яковлева и компанией *Alenia Aermacchi*. На завершающей стадии НИОКР было принято решение о прекращении совместной работы (официально оно мотивировалось тем, что в странах-участницах несколько различались требования военно-воздушных сил к перспективным УТС). Более того, компания

¹ Здесь авиационная промышленность России и Украины рассматривается в качестве исторически единого комплекса.

Alenia Aermacchi компенсировала ОКБ им. А.С. Яковлева затраты на НИОКР и немедленно приступила к подготовке производства, а затем – к серийному производству нового УТС под названием *Aermacchi M-346*. На данный момент это один из самых востребованных УТС в своем классе на мировом рынке, благодаря своим выдающимся характеристикам с большим преимуществом выигрывающий конкурсы, проводимые ВВС разных стран мира. Что касается ОКБ им. А.С. Яковлева, полученная от зарубежных партнеров сумма (хотя она и была совершенно незначительной, по меркам мирового авиастроения – 77 млн. долл.) позволила, по словам руководства предприятия, завершить НИОКР по российской версии самолета, известной под названием Як-130. Лишь сравнительно недавно было принято решение о начале серийного выпуска УТС Як-130 в качестве основного учебно-тренировочного самолета ВВС России, что открывает, в дальнейшем, и возможности освоения экспортных рынков. Однако при таких сроках выхода на рынок, разумеется, ни о каком временном преимуществе речи уже не идет – скорее, существует очень большая вероятность проявления эффекта блокировки. Фактически, российское авиастроение не смогло эффективно использовать свои ключевые компетенции в научно-технической сфере по причине задержки финансирования НИОКР и ТПП по данному проекту. Эти ключевые компетенции послужили упрочению конкурентных позиций зарубежной авиационной промышленности (к которой, подчеркнем, в описанном случае не может быть претензий: итальянские партнеры не виновны в задержке ТПП и начала серийного производства Як-130). Таким образом, из-за задержки финансирования завершающих стадий ОКР и ТПП, кооперация отечественной и зарубежной наукоемкой промышленности на стадии НИОКР на практике нередко реализуется неэффективно и даже в ущерб российской стороне.

6.3. Оценка уровней зрелости технологий (УЗТ) и производства новых продуктов (УЗП)

Перестройка технологий управления большими проектами в сторону содружества менеджеров и технических специалистов привела к реорганизации процессов оценки работ и появлению новых инструментов, используемых менеджерами программ. Одним из таких инструментов является система контрольных ворот, «гейтов» проекта (гл. 7.2.3.). Построение двух других, получивших название систем оценки *уровня зрелости технологий и уровня зрелости производства*, стало необходимым при оценке финансовыми институтами и менеджерами сути предложений и результатов дорогостоящих научно-технических программ.

Стандартная линейка из 9 уровней зрелости технологий составлена по принципу «от простого к сложному»:

1. Основные принципы изучены и усвоены.
2. Сформулирована технологическая концепция и ее приложение.
3. Верифицированы концептуальные критические функции и характеристики (аналитическая и экспериментальная).
4. Испытаны компоненты и макет в лабораторных условиях.
5. Испытаны компоненты и макет в натуральных условиях.
6. Проведена демонстрация модели или прототипа системы /подсистемы в натуральных условиях (наземные или полетные).
7. Проведена демонстрация прототипа системы в требуемых реальных условиях.
8. Реальная система выполнена и сертифицирована в испытаниях и демонстрации (на земле и в полете).
9. Реальная система выполнила требуемую задачу.

Сегодня принято определять готовность технологий и производства к запуску нового продукта по международным стандартам УЗТ (Technology readiness level), и УЗП (Manufacturing readiness level). Первоначально концепция зрелости была предназначена для классификации и оценки проектов разработки программного обеспечения (ПО) и соблюдения качества при ведении этих проектов. Создаваемая в конце 80-х годов по заказу Министерства Обороны США в Институте проектирования программного обеспечения (SEI) при Университете Карнеги-Меллона, данная модель была перенесена и на многие другие дисциплины и отрасли. Помимо модели уровней зрелости SEI, существуют и другие модели. Основной целью использования уровней технологической готовности является помощь управленческому персоналу в принятии решений, касающихся перехода на следующие стадии развития или использования технологии. Например, в стандарте CoBIT описаны 6 уровней зрелости управления информационными технологиями. У фирмы Microsoft есть четырехуровневая модель зрелости ИТ-инфраструктуры. Также свои модели зрелости есть у компаний PMSolutions, ESA, Giga и т.д.

Направления развития систем оценки зрелости были сформулированы, исходя из следующих предпосылок:

- достижение каждого следующего уровня зрелости управления технологиями и производством повышает гарантию эффективности управления и снижает риски неудачи программ;
- осуществлять развитие для перехода на следующий уровень зрелости, не закончив полностью работы по достижению текущего уровня, возможно, но нежелательно, так как существенно повышаются риски из-за потери системности в развитии (ухода от более глубокого освоения набора требований каждой ступени).

В России известны разные модели оценки технологической зрелости:

- НИР и ОКР (в стандартах ГОСТ);

- SW CMM (Capability Maturity Model for Software), 1993 г. (появился в результате взаимодействия министерства обороны США и института Software Engineering Institute — SEI);
- модель OPM3, 2003 г. (от сообщества управления проектами PMI), определяет уровень зрелости по направлению «Управление проектами»;
- частично идеи оценки зрелости содержатся в стандарте ИСО 9000 в версии 2000 года; модели SPICE (Software Process Improvement and Capability determination); стандарте ISO 15504; CMMI интегрированной модели технологической зрелости.

Оценки уровней зрелости технологий (УЗТ) включают в себя, в общем виде:

- уровень готовности проектирования;
- уровень готовности производства;
- уровень готовности интеграции сложного продукта;
- уровень готовности программного обеспечения;
- уровень готовности операционный (управление производством);
- уровень готовности персонала;
- уровень готовности оснащенности;
- уровень готовности организационный (возможности компании воспроизвести требуемую технологию).

Преимущества предложенного метода ранжирования таковы:

- обеспечение общего понимания статуса технологии;
- понятное управление рисками;
- использование для принятия решений, касающихся финансирования технологий;
- использование для выполнения решений, касающихся перехода технологии на следующий уровень.

К недостаткам можно отнести:

- увеличение отчетности, объема документации;
- для самой оценки используют субъективные таблицы входящих параметров («калькуляторы»);
- относительно новый метод требует времени для освоения, чтобы отследить последующее воздействие на систему;
- подходы системной инженерии не рассматривались на ранних уровнях развития УЗТ, что сказалось на классификации.

Использование понятия «Уровень зрелости» может быть выгодно в ряде случаев по следующим направлениям:

1. взаимодействие с западными контрагентами (привлечение инвестиций, продажа бизнеса, выход на международный рынок в качестве продавца, или в качестве покупателя);

2. внедрение в компании современных технологий, как организационных, так и производственных;
3. формализация процедур управления НИОКР;
4. поэтапное финансирование НИОКР.

П. 2 вышеприведенного перечня предостерегает от внедрения мощной современной технологии, если «...уровень организации не соответствует уровню внедряемой технологии». Этот вывод относится, например, к использованию нового производственного оборудования на работающем предприятии. Как правило, современная техника требует чрезвычайно высокого уровня организации работ, обслуживания и взаимодействия участников технологической цепочки. Если персонал в целом не обладает необходимой производственной и корпоративной культурой, то очень быстро встраиваемое новое оборудование потеряет свои параметры, либо просто будет неэффективно применяться.

При появлении предложения о внедрении новой технологии следует в рамках стандартной концепции принять одно из следующих решений:

1. отказаться от новой технологии;
2. применить менее изощренную технологию;
3. подтянуть уровень зрелости организации до уровня технологии;
4. если внешняя среда, рынок все-таки требуют новой технологии, а компания не готова в целом к ее внедрению, то рекомендуется создать специальную пилотную бизнес-единицу с особыми, отличными от всей компании, правилами управления¹.

Система оценки *зрелости производственного уровня организации* (уровни зрелости производства, УЗП) помогает предсказать, сумеет ли проект достичь поставленных целей по выпуску продукта. УЗП выделяются по следующим принципам:

- 1 достижение замысла производства;
- 2 определение концепции производства;
- 3 развитие концепции производства;
- 4 лабораторная демонстрация производственного процесса;
- 5 организовано развитие производственного процесса;
- 6 выполнено прототипирование критического производственного процесса;
- 7 налажена система производства прототипа;
- 8 выполнена демонстрация зрелости производственного процесса;
- 9 проведена сертификация производственного процесса;
- 10 полноразмерный производственный процесс поставлен и методы бережливого производства (*lean manufacturing*, раздел 2.3) освоены.

¹ Аналогом из другой области, является создание инновационного центра Сколково как зоны с особыми, более прогрессивными институтами управления и нормами.

По мере продвижения на более высокие УЗП наблюдаются три основных улучшения в достижении намеченных целей:

- с ростом «зрелости» уменьшаются различия между целевыми и фактическими результатами, средняя дата завершения программы будет все точнее соответствовать намеченной планам дате.

- с ростом уровня зрелости уменьшаются отклонения фактических результатов от запланированных, проекты будут завершаться со значительно меньшим разбросом сроков.

- результаты программ улучшаются с ростом уровня «зрелости» организации. Это означает, что развитие организации-разработчика позволяет сократить затраты, ускорить процесс разработки, повысить производительность работы и качество программных продуктов. Организация более высокого уровня зрелости может использовать технологии непрерывного совершенствования процесса и предотвращения дефектов в целях повышения эффективности производственного процесса и устранения дорогостоящей доработки, что позволяет сократить срок разработки.

Усовершенствования в прогнозировании результатов проекта предполагают, что итоги проекта становятся более предсказуемыми по мере устранения помех производственного процесса, часто выражающихся в виде доработки. Даже в случае новых систем инженерные и управленческие методы, характерные для более зрелых организаций, помогают выявить и решить проблемы на более ранних стадиях цикла разработки, чем в менее зрелых организациях. Раннее обнаружение недостатков способствует экономии бюджета путем удешевления корректировок или устранения необходимости доработки на поздних стадиях производства ВС.

Неотъемлемой частью управления проектом в ходе зрелого производственного процесса является управление рисками. Для этого каждый уровень зрелости разбивается на риски, определяющие 9 специфических зон риска для оценки при подъеме от одного уровня до другого.

1. Изучение технологии и промышленной базы: Анализ возможностей для поддержки проектирования, разработки и производства новейших технологий.

2. Стадия проектирования: Требуется разработка системы анализа для удовлетворения потребностей пользователей и адаптация конструкторских документов для производства.

3. Применяемые материалы: Необходим анализ рисков, связанных с наличием новых материалов в проекте, доступностью компонентов и подсистем для выполнения технологий обработки деталей и узлов из применяемых материалов.

4. Стоимость и финансирование: Требуется анализ текущей стоимости и полномасштабной себестоимости и развития путей для достижения целевых производственных затрат.

5. Возможности технологического процесса и управление производством: анализ риска того, что производственные процессы не обеспечат получение изделия с необходимыми минимальными затратами.

6. Управление качеством: организация современных методов контроля качества на всех этапах работ, а также стимулирование непрерывного улучшения качества.

7. Производственный персонал: Требуется оценка необходимых навыков, требования к профессиональной подготовке и доступность персонала для поддержки производства.

8. Оборудование и цеха: Требуется анализ возможностей производственной инфраструктуры и определение мер, необходимых для поддержки производства на требуемом уровне.

9. Производственное планирование, графики и контроль: Требуется развитие планирования расписания и управления графиками, чтобы соответствовать стоимости и производственным целям.

Можно примерно классифицировать факторы, определяющие технический уровень производства: показатели уровня оборудования; показатели уровня технологии производства; показатели качества выпускаемой продукции, экономика производства и располагаемые ресурсы.

К показателям уровня технологии относятся, например, объективные производственные параметры, удобные для сравнения:

- коэффициент автоматизации работ;
- удельный вес передовых технологических процессов;
- коэффициент серийности производства;
- коэффициент оснащенности производства;
- удельный вес продукции, изготовленной прогрессивными технологическими методами, и удельный вес работ, выполненных по прогрессивной технологии;
- удельный вес машинного времени в общей технологической трудоемкости;
- коэффициенты унификации и стандартизации и др.

Понятно, что сама концепция оценки зрелости производства имеет ограниченную область применения. В частности, она не отвечает на главный вопрос менеджмента, как улучшить работу оцениваемого процесса, подразделения или компании, а всего лишь показывает их текущее состояние. Также ограничения оценочных методов включают:

- неопределенности в развитии технологий и приложений, отсутствие ответа на вопрос, как лучше координировать исследования и разработки (НИОКР, R&D) с передовыми концепциями исследования;
- субъективность оценки зрелости процессов;
- отсутствие стандартных принципов принятия решения о переходе на очередной уровень зрелости;

- оценка многих технологий может быть очень сложной, нужны методы систематического сравнения в комплексе с другими технологиями, с учетом времени их появления;

- отсутствие учета интеграции технологических систем в общей системе производства, что важно для сложных изделий (УЗТ относится к конкретному элементу технологии);

- недостатки определений в терминологии, ряд положений изложенного подхода открыт для вольной интерпретации;

- УЗТ, УЗП охватывают только небольшую часть информации, которую заинтересованные стороны должны использовать для поддержки решений;

- многогранные аспекты технологии и готовности продукта сводятся в одно число, упрощая оценку многофакторных объектов, иногда во вред принятию решений.

Для того, чтобы перейти от одного уровня зрелости к следующему, необходимы достаточно подробные руководства для управленческого персонала, которые зачастую приходится заказывать консалтинговым компаниям (реинжиниринг бизнес-процессов и др.). Результатом такой работы может стать как текущий статус оцениваемого объекта, так и его ранжирование по отношению к лучшим объектам в той же области. Важным моментом является организация работ по развитию сегодняшнего уровня технологий и производства в отрасли, для перехода к вышестоящим ступеням УЗТ и УЗП. Пример постановки таких процессов НИР в зарубежных компаниях Европы и Америки можно найти далее в главе 6.

Отметим также, что подобные технологические стандарты представляют ценность не в изоляции, а как часть интегрированного процессного подхода к совершенствованию предприятий. Элементы такой структуризации включают использование тем, упомянутых в книге:

- разработка и модернизация системы отраслевых стандартов (по типу приложения 1.1) с использованием лучших международных методов;

- подходы, процессы и регламенты системной инженерии;

- технология параллельного инжиниринга;

- обеспечение качества изделия;

- управление большими проектами;

- организация ведомственных НИР и НИОКР на основе максимального вовлечения всех заинтересованных пользователей и потенциальных исполнителей.

С учетом таких методов применение и оценка уровней зрелости технологий и производства принесет безусловный положительный эффект.

Для внедрения предлагаемых критериев нужно оценить готовности технологий и производства к запуску нового продукта по стандартам УЗТ (уровень зрелости технологий, technology readiness level, TRL), и УЗП

(уровень зрелости производства, manufacturing readiness level, MRL), на примере создания программного обеспечения (ПО), см. табл. 6.1. Именно в этой сфере изначально формировались соответствующие методики управления проектами, распространенные далее и на наукоемкое машиностроение.

Таблица 6.1

Ключевые области процессов создания ПО

Уровень	Фокус организации	Ключевые области процессов
5 Оптимизируемый	Непрерывное совершенствование процессов	Предупреждение дефектов Управление изменениями в технологиях* Управление изменениями в процессах
4 Управляемый	Качество продукции и процессов	Количественное управление процессами Менеджмент качества ПО
3 Определенный	Инженерные процессы и организационная поддержка	Фокус организации на процессах Определение процессов в организации Программа обучения Интегральное управление ПО Разработка программной продукции Координация между группами Коллегиальное рассмотрение (Peer Review)
2 Повторяемый	Управление проектом	Управление требованиями Планирование проекта ПО Отслеживание и контроль проекта ПО Управление субподрядом Обеспечение качества ПО Конфигурационное управление ПО
1 Начальный	Компетентность специалистов, индивидуальные усилия**	

* В данном случае речь идет об инструментально-техническом аспекте понятия «технология».

** Для начального уровня моделей уровней зрелости (СММ) ключевые области процессов не определены.

Еще одним важным элементом для оценки моделей уровней зрелости являются т.н. целевые установки, определенные для каждой из перечисленных ранее ключевых областей процессов. Они концентрированно выражают ключевые области процессов в терминах того, что организация должна практиковать в данной области, определяют суть, объем и границы.

Чтобы определить, выполняются ли реально целевые установки ключевых областей процессов, в СММ для каждой такой области определены т. н. ключевые элементы метода, структурированные по стандартным категориям.

Обязательность исполнения. Элементы метода этой категории содержат мероприятия, предпринимаемые организацией для обеспечения того, что процессы данной области установлены и неукоснительно соблюдаются. Например, установление политики организации в данной области и надлежащую поддержку со стороны руководства.

Возможность исполнения. Элементы метода этой категории регламентируют необходимые условия, которые должны существовать в проекте или в организации для надлежащего исполнения соответствующих процессов. Например, привлечение необходимых ресурсов, наличие оргструктуры выполнения работ, обучение персонала.

Выполняемые работы. Элементы метода этой категории включают описание ролей (исполнителей) и процедур выполнения процессов данной области. Выполняемые работы – планирование и определение процедур, собственно выполнение работ, их отслеживание, проведение необходимых корректирующих мероприятий.

Измерения и анализ. Элементы метода этой категории содержат планирование и проведение необходимых количественных измерений, а также анализ фактически достигнутых характеристик процессов данной области.

Верификация исполнения. Элементы метода этой категории включают шаги, предпринимаемые организацией для подтверждения того, что работы в данной области выполняются в соответствии с установленной технологией. Верификация обычно включает проведение проверок и аудитов со стороны руководства и служб обеспечения качества.

Организации могут применять собственные корпоративные стандарты, отнесенные к указанным ранее категориям. Единственным нормативным требованием в этом случае является адекватность этих стандартов соответствующим целевым установкам, приведенным в документе CMU/SEI-93-TR-025 «Key Practices of the Capability Maturity Model, Version 1.1» [3].

6.4. Практический опыт проведения НИР в обеспечение создания перспективной авиатехники

6.4.1. Организация исследовательских программ Евросоюза в авиастроении

Для создания авиадвигателей, с параметрами, существенно превышающими достигнутые, проводятся НИОКР различного уровня, от улучшения отдельных узлов и агрегатов, до разработки полноразмерных двигателей-демонстраторов технологий. Упомянулось, что в 80-е годы прошлого века широкую известность в авиадвигателестроении получила программа разработки высокоэффективного двигателя, названного E³ («energy efficiency engine»). Сегодня Европейский союз нацелен на разработку более дружественных к окружающей среде авиадвигателей по программе

«Sustainable and Green Engines (SAGE) Integrated Technology Demonstrator». Перед моторостроителями стоит одна общая цель: повысить эффективность двигателей и добиться снижения расхода топлива и выбросов окислов углерода в атмосферу. Появление демонстраторов новых двигателей ожидается в 2013-2015 годах¹ в рамках нескольких заявленных программ.

«Clean Sky – исследовательская программа, стартовавшая в 2008 году и рассчитанная на семь лет. Финансирование исследований обеспечивается в равных долях Еврокомиссией и компаниями авиационной отрасли. Задачей программы является разработка передовых технологий, призванных прийти на помощь авиационной промышленности, и способных достичь целей, установленных Европейским консультативным советом по исследованиям в области аэронавтики (ACERA). Они заключаются в двукратном сокращении выбросов углекислого газа к 2020 году, в снижении на 80 % выбросов оксидов азота и в снижении уровня шумового воздействия на 50 %. По программе SAGE различными моторостроителями будут разрабатываться пять отдельных технологий. По программе Clean Sky компания Rolls-Royce должна представить демонстратор передовой системы (компрессор + турбина) низкого давления (ALPS). Rolls-Royce также работает над программой двухвального двигателя Advance2, которая основана на демонстраторе технологий газогенератора E3E (efficiency, environment, economy – эффективность, сохранение окружающей среды, экономичность). Целью данной программы является создание двигателей, способных обеспечить сокращение расхода топлива на 15–20 % к 2016–2017 годам для бизнес-самолетов среднего и большого класса, для региональных авиалайнеров вместимостью 70–130 пассажиров, а также для узкофюзеляжных самолетов вместимостью 140–200 пассажиров. Основной задачей программы является разработка новых технологий, позволяющих увеличить температуру газов перед турбиной двигателя, степень повышения давления и эффективность различных компонентов. Кроме того, предполагается 25-процентное увеличение отношения тяга/вес.

Компания MTU в сотрудничестве с партнерами Avio и Volvo должна представить демонстратор редукторного турбовентиляторного двигателя. Эта цель должна быть достигнута к 2013–2014 году. Компания MTU обратилась к научным организациям с просьбой предоставить на рассмотрение подходящие технологии.

В рамках программы CLAIRE (Clean Air Engine), преследующей цель создания двигателя, обеспечивающего 20-процентное сокращение выбросов углекислого газа, компания MTU также исследует возможность разработки турбовинтовентиляторного двигателя с пропеллерами, вращающимися в противоположные стороны (биротативный незакапотированный вентилятор).

¹ По материалам журнала «Flight International»: http://www.uk-odk.ru/rus/presscenter/smi/?ELEMENT_ID=806, А.Нургалеев, 24.10.2010

Следующим шагом в программе CLAIRES является разработка двигателя, обеспечивающего 30-процентное снижение расхода топлива к 2035 году. Для решения этой задачи компания MTU присоединилась к исследовательской программе Евросоюза NEWAC (New Aero Engine Core), которая предусматривает создание рекуперативного двигателя с промежуточным охлаждением, в котором применены теплообменники, чтобы использовать остаточную энергию выхлопных газов для выполнения полезной работы.

В настоящее время гранты на различные исследования по программе SAGE выделены 40 участникам. В будущем число вовлеченных может увеличиться до ста, причем все демонстраторы должны быть представлены в период между 2013 и 2015 годами.»

Будущее технологии «открытого ротора» во многом зависит от решений Boeing и Airbus по замене своих узкофюзеляжных самолетов. Эффективность этой технологии заключается в ее высокой степени двухконтурности, что требует использования вентилятора диаметром 4,3 метра, что значительно больше по сравнению с современными турбовентиляторными двигателями. Эксперты говорят: "Установка двигателя с открытым ротором потребует разработки совершенно нового самолета" – возможно, по опыту проработки концепции российского авиадвигателя НК-93.

Евросоюз (Еврокомиссия, ЕК) ведет также ряд исследовательских программ по развитию транспорта, в том числе авиации. Схема финансирования технологических исследований 50:50 % (т.е. вторую часть сумм обеспечивают негосударственные структуры). Так, в программе FP6 (2002–2006 гг.) были предложены 23 программы по авиации, в том числе «чистый» (экологически) самолет, «чистый» авиадвигатель, «электрический» самолет, самолет из композитных материалов, сверхзвуковой пассажирский самолет, и многие другие.

На Интернет-страничке последних инициатив ЕК¹ можно познакомиться с FP7, Европейской 7-й рамочной программой «RTD, Аэронавтика и воздушный транспорт, 2007–2013 гг.»

Том, включающий 332 стр., «Aeronautics and Air Transport Research 7th Framework Programme 2007–2013», Project Synopses – Volume 1, EU Directorate-General for Research 2010 Cooperation, начинается с введения, в котором дан обзор по аэронавтике и исследованию воздушного транспорта. Там же приведены полезная информация о процессе подготовки предложений, программа работы, инструменты, процедуры отбора и оценки предложений, а также статистические данные. Для каждого проекта дано краткое описание состояния предмета, цели работ, запланированных в ходе проекта и ожидаемые результаты. Предоставлены контактная информация координатора проекта и партнерские возможности.

¹ См. http://www.transport-research.info/web/programmes/programme_details.cfm?id=37316

Научно-исследовательские проекты сгруппированы по темам:

«– «Зеленый» воздушный транспорт.

– *Повышение эффективности во времени (значительное сокращение времени, затрачиваемого на поездки, связанного с процедурами в аэропортах при сохранении безопасности).*

– *Обеспечение безопасности и удовлетворенности пассажиров.*

– *Повышение эффективности по стоимости (возможность сократить время выхода на рынок, затраты на разработку продукта и эксплуатационные расходы, чтобы сделать более доступным транспорт для граждан. Исследования охватывают совершенствование всего бизнес-процесса, от разработки концепции до разработки, производства и производственных операций, включая интеграцию цепочки поставок. Т.е., предмет данной книги представлен на широкое рассмотрение участников для выработки предложений дальнейшего продвижения к идеалу).*

– *Защита самолетов и пассажиров (предупреждение враждебных действий любого рода понести травмы, утраты, повреждения или нарушения для путешественников или других граждан в связи с последствиями злоупотребления самолетами.).*

– *Перспективный воздушный транспорт будущего».*

Практически реализуется комплексный подход повышения роли транспортных систем в жизни общества, конкурентоспособности промышленности в расширенном ЕС, при сведении к минимуму негативных последствий влияния транспорта по отношению к окружающей среде, использованию энергии, обеспечению безопасности и общественного здоровья. Такая деятельность дает шанс проявить себя малым и средним предприятиям, включению их усилий в обеспечение надежной цепи поставок для различных секторов; открывает всем новаторам доступ к научно-исследовательским инициативам в передовых транспортных технологиях.

Стейкхолдерами (заинтересованными сторонами Программы) являются:

- Европейская комиссия.
- Авиапромышленность.
- Малые и средние предприятия разных специальностей.
- Авиаперевозчики.
- Национальные и региональные власти и соответствующие организации;
- Исследовательские центры.
- Университеты.
- Консультанты – эксперты по исследованию воздушного транспорта.

Открытость и доступность программ является гарантией максимального вовлечения компетентных организаций и специалистов, рассмотрения множества предложений, справедливого отбора наиболее перспективных решений по развитию авиатехники и сопутствующей инфраструктуры.

Программы доступны публично, результаты конкурсов тоже, что выгодно отличает их от отечественного опыта. Следует отметить, что в конкурсах принимают участие любые фирмы, имеющие в запасниках интересные идеи. Отсутствие публичности делает многие российские конкурсы НИР соревнованием монополистов с минимумом идей и ограниченным кругом новых результатов.

6.4.2. Исследовательские программы в сфере авиастроения в США

Аналогичные программы НИОКР реализуются и за океаном. GE Aviation развивает новое поколение двигателей через программу eCore (нового базового газогенератора), через несколько частных и финансируемых правительством исследовательских программ. В качестве перспективных решений, отрабатывается использование композитов с керамической матрицей и передовых высокотемпературных сплавов для турбины, исследуют уникальные технологии аэродинамического охлаждения высокотемпературных элементов газовых турбин, развивается новое поколение конструкции камеры сгорания (TAPS) для снижения выбросов, и проектируются конструкции, обеспечивающие повышение отношения давлений в компрессоре с нынешних 40:1 до 70:1. Более 1 000 инженеров, ученых и технического персонала заняты в этих программах. Исследователи тесно сотрудничают с отделением GE Global Research в Нискайуна, штат Нью-Йорк. Программы включают, в том числе:

http://www.airframer.com/news_story.html?release=4106

«* **LEAP-X**: первая версия eCore в рамках программы CFM International (50/50 % совместное предприятие GE и Snecma) по двигателю для узкофюзеляжных самолетов. На авиасалоне в Ле-Бурже 2011 г. заключены первые контракты на поставку данного двигателя.

* **ADVENT**: пятилетняя программа создания двигателей изменяемого рабочего цикла для боевых самолетов.

* **HEETE**: фокусируется на встроенных технологиях для беспилотных аппаратов. Первый этап будет финансировать развитие компрессора с ультра-высоким отношением давления 70:1 и связанных с ним тепловых технологий двигателя.

* **INVENT**: программа ВВС США изучения следующего поколения военных самолетов с интегрированными электрическими системами гибридных архитектур.

* **Исследования будущих самолетов (N +3 поколение)**: контракт NASA с GE для изучения концепций для коммерческих самолетов на 25...30 лет вперед (N+3 означает на три поколения технологии вперед от самолетов сегодняшнего дня!). Амбициозные цели поставлены NASA, в том числе: 80 децибел сокращения шума; 80 + процентов снижения выбросов NOx; 70 процентов улучшения расхода топлива, а также способность работать с малых аэропортовых взлетных полос. Проектный подход применен для

анализа 10...30 местных пассажирских самолетов, которые могут летать от точки к точке обслуживания между малыми аэропортами.

* **OPEN ROTOR**: совместное исследование с NASA, связанное с применением открытого ротора или незакапотированного вентилятора».

С точки зрения пассажирских самолетов связь исследований с ожидаемыми результатами для пользователей может быть представлена ниже следующими перечнями (использованы базовые цифры из вышеуказанных программ).

10 % уменьшения расхода топлива приводят к:

- снижению вредных выбросов;
- снижению стоимости билетов;
- снижению расхода топлива;
- экономии расходования невозобновляемых энергоисточников.

50 % уменьшения выбросов NO_x, CO, CO₂ и HC ведут к:

- сохранению чистоты воздуха вокруг аэропортов;
- снижению влияния на озоновый слой в атмосфере.

50 % снижение стоимости перелета дает:

- снижение стоимости билетов и увеличение доступности авиарейсов;
- улучшение надежности и безопасности полетов.

30 dB уменьшение уровня шума приносит:

- меньше неприятностей жителям окружающей аэропорт территории;
- улучшение регулярности движения за счет расширения полетных зон.

50 % снижение числа выключений двигателя в полете и задержек рейсов по вине двигателя приводят к:

- увеличению надежности и доступности перелетов.

2х-кратное снижение отношения тяги двигателя к весу дает:

- увеличение дальности/полезной нагрузки или снижение расхода топлива.

Следует отметить, что успешная разработка двигателя CFM следующего поколения (названного ТЕСН56) долгое время пребывала в резерве, как опередившая время (повышенные характеристики, в т.ч. по экологии, дороговаты даже в массовом производстве, и до недавнего времени не были востребованы). Такой подход в РФ получил название «опережающего научно-технического задела». Однако организация работ по НИОКР часто неудачна. При необходимости создания новых коммерческих изделий в РФ оказывается, что под заданный уровень требований надо открывать новую исследовательскую программу, а имеющиеся результаты не подходят. Иногда не хватает «западной» определенности, нацеленности на заданные сроки, а также грамотного менеджмента в сфере НИОКР для решения исследовательских задач.

Детальные сведения о постановке перспективных разработок для ВВС США можно почерпнуть из совершенно открытого документа – доклада Конгрессу США о статусе работ по программе альтернативного двигателя для самолета F-35¹:

«Министерство обороны США на протяжении последних нескольких лет предпринимало попытки закрыть программу создания F136, полагая, что второй двигатель является лишь дополнительной статьей расходов. Конгресс поддерживал работу по F136, полагая, что создание альтернативного двигателя для F-35 приведет к конкуренции и снижению цен. Основной двигатель для F-35–F135 – разрабатывает компания Pratt & Whitney, а F136 – General Electric.

В июле 2009 года, Pratt & Whitney сообщил, что стоимость F135 была увеличена на 24 %, с 6,7 млн. долл. США за штуку до \$ 8,3 млн. К сожалению, практика показывает, что всегда существует рост стоимости, связанный с развитием самолета. В исследовании SAIG даны оценки, что конкурентный двигатель F-35 должен достичь 21 % сокращения затрат на закупки двигателя (в постоянных ценах 2002 финансового года) в течение всего срока программы, чтобы вывести ее на уровень безубыточности (т. е. полностью компенсировать расходы, связанные с установлением и поддержанием альтернативного изделия). На основе критерия чистой приведенной стоимости (NPV), исследование показало, что сокращение расходов на закупки, необходимое для безубыточности будет равно 25,6 %. Исходя из этого, получено, что Министерство обороны не сможет окупить первоначальные инвестиции в программу развития альтернативного двигателя через экономию в системе закупок для достижения точки безубыточности к 2040 году».

Статистика прошлых конкурсов для двух вариантов двигателя показала, что возможна экономия до 20 % финансовых ресурсов, и было выдвинуто предположение о том, что средств, сэкономленных за счет конкурирующих двигателей, будет достаточно, чтобы возместить инвестиционные затраты. Однако стало ясно, что даже если расходы на поддержку эксплуатации двух двигателей - такие же, как на поддержку одного, оперативные и материально-технические вопросы для военно-морского флота могут усложниться при использовании нескольких типов изделий.

Среди других был рассмотрен политический (или стратегический?) вопрос сохранения дееспособности компании General Electric по разработке и производству военных двигателей, если программа F136 будет прекращена. В анализе SAIG 2007 года было заявлено, что в этом случае около 200 инженеров военной реактивной тематики не смогли бы найти применения своим навыкам в подразделении коммерческих двигателей, что потенциально снижает способность GE конкурировать для будущих контрактов военных двигателей.

¹ F-35 Alternate Engine Program: Background and Issues for Congress, J. Gertler, March 22, 2010,

Congressional Research Service, 7-5700, www.crs.gov, R41131.

В мае 2010 года Палата представителей США проголосовала в поддержку финансирования программы создания F136, согласившись выделить в 2011 году 485 миллионов долларов на продолжение проекта. При этом Комитет по делам вооруженных сил Сената США проголосовал против дальнейшей разработки F136. Финал соревнования наступил в 2011 г.¹:

«Палата представителей Конгресса США проголосовала за закрытие программы создания альтернативного двигателя F136 для перспективного истребителя F-35 Lightning II, сообщило Agence France-Presse. По словам министра обороны США Р.Гейтса, продолжение финансирования F136 означало бы потерю "почти трех миллиардов долларов во время экономического кризиса при необходимости инвестирования в другие более важные проекты».

Уже после решения о прекращении финансирования конкурирующей модели, GE все-таки получила одобрение конгресса на продолжение работ за свой счет для сохранения необходимых кадров в компании. Можно видеть в деталях, как программа преодолевает сложные конфликты заинтересованных сторон, и остается сожалеть о недостаточной открытости принятия аналогичных решений в РФ.

Как говорилось ранее, важными особенностями организации НИОКР за рубежом, определяющими их эффективность, являются открытость, возможность участия для малого и среднего бизнеса, а также публичное подведение итогов каждого этапа работ. Заглянем в открытый для всех, подобно множеству других государственных программ иностранных государств, документ², регламентирующий исследовательские работы в авиационной промышленности США. Этот интернет-документ описывает, как портфель НИОКР разрабатывается на каждый финансовый год. Внутри можно найти функции и обязанности участников, расписание важных событий и плановые сроки в очередном финансовом году, описание бюджета и т.д. Каждый год Исполнительная дирекция НИОКР проводит сессию для обобщения опыта прошедшего периода и определяет, есть ли обновления, уточнения, или необходимы улучшения. Участникам предлагается открыто предложить усовершенствования процесса, присутствуя на сессии, где обсуждается история программы и проблемы (извлеченные уроки), или связавшись с владельцем документа в любое время в ходе процесса.

Здесь же публикуются конкретные выводы из опыта предыдущих программ, для использования в работе и предотвращения нерационального расходования средств. Так, в цитируемом томе можно найти *«Уроки программы создания самолета F22 "Raptor"»*, летающего представителя т.н. «поколения 5», полезные и для нашей промышленности:

¹ См. 18.02.2011/Lenta.ru

² См. FAA, FY 2012, Research and Development (R&D) Portfolio Development Process, Guidance Reference Document, Dec 9, 2009

«• Ранние реалистичные оценки стоимости и графика помогли вывести программу на правильный путь. Эти оценки были скорректированы с течением времени выполнения проекта.

- Была организована стабильная команда разработчиков, с надлежащим опытом работ в команде, проведено четкое разграничение ответственности и полномочий, и определена ответственность главного подрядчика за общий ход программы, что имело решающее значение для успеха проекта.

- Наличие опытной команды менеджеров и подрядчиков с предварительными деловыми отношениями помогли устранить проблемы управления проектом на ранней стадии.

- Параллельное развитие новых технологий для планера, авионики и двигателей добавило значительный риск для программы, не только из-за риска развития отдельных компонентов, но и от наложения рисков важных, технически сложных, параллельных работ.

- Снижение затрат и рисков создания авионики стало ключевым направлением фазы разработки концепции. Авионика вносит значительные затраты в разработку современных систем оружия (инфраструктуры авиационного комплекса по типу ПАК ФА в РФ). Также новые концепции, наряду с новыми элементами конструкции планера, должны быть продемонстрированы на ранних стадиях развития проекта.

- Запланированная эволюционная модернизация авионики может уменьшить риск программы и помочь контролировать затраты и графики работ. Необходимо прогнозировать скорость изменений в электронной промышленности по сравнению с развитием разработок планера или двигателя, и предложить реалистичный план для общего процесса разработки изделия.

- Тщательный контроль веса планера в ходе проекта имел важное значение. Нестабильность этого параметра является ранним индикатором проблем проекта.

- Данные метода управления стоимостью EVM (метод освоенного объема) были использованы для мониторинга и управления расходами по программе на уровне интегрированных команд проекта.

- Правильное использование кадрового резерва помогло при решении рисков стоимости программы и позволило замедлить рост стоимости работ».

Из вышеприведенного становится понятным, на какой основе формируется набор требований к организации разработок сложных современных изделий авиатехники. Используется опыт реализации прошедших программ, открытое обсуждение результатов, как в ходе работ, так и после завершения проекта, широкое вовлечение больших и малых высокотехнологичных компаний на различных этапах программы, современные методы системного анализа, управления проектами, контроля стоимости работ.

ГЛАВА 7. ПЛАНИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЕЙ ПРОГРАММ СОЗДАНИЯ АВИАТЕХНИКИ

7.1. Экономические основы планирования и управления реализацией программы создания авиатехники

Для реализации сложных программ создания и выпуска высокотехнологичной продукции необходимо обеспечить исполнение четырех основных компонентов программы: сроки, бюджет, ресурсы, управление. Ранее уже говорилось, что столь сложные программы трудно планировать с учетом всех рисков, возникающих на пути исполнения. В табл. 7.1. приведено сопоставление «план – факт» по известным авиакосмическим зарубежным программам (по данным интернет-публикаций).

Таблица 7.1

Отклонения в бюджетах крупных программ США

	Бюджет План, \$США	План, шт.	Бюджет Факт, \$США	Факт, шт.
Программа JSF	196.5 млрд.	2 866	223.3 млрд.	2 458
Вертикально взлетающий самолет V-22	36.9 млрд.	913	50 млрд.	458

Среди типовых проблем, приводящих к раздуванию сроков и стоимости программы, можно выделить следующие.

- раздутые административные расходы на проект;
- выполнение бесполезных работ;
- отсутствие экспертизы на этапах работ;
- потери квалификации сотрудников из-за смены участников проекта;
- проблемы коммуникации – потеря данных при передаче, неверный формат и др.;
- наличие нескольких источников данных, что приводит к нестыковке проектных документов;
- ожидание данных участниками из-за нескоординированных локальных графиков проекта;
- избыточное количество проектных итераций;
- проблемы с переформатированием данных из одного программного ИТ-инструмента в другой;
- использование в проекте метода двумерного конструирования вместо трехмерных инструментов и PLM-систем;
- плохое управление конфигурацией (составом) изделия;
- переделки ранее выполненных работ.

При этом важным вопросом является управление стоимостью программы при высокой степени неопределенности на момент ее открытия, а также требование ее окупаемости. Только экономический критерий дает возможность программе совместить два важнейших критерия: маркетинговую успешность и реалии ценовых параметров продукта. Убыточные программы быстро ликвидируются участниками, потому что находится много оснований прекратить финансирование проекта. В то же время, экономически выгодные проекты позволяют вложить средства в развитие инфраструктуры, обучение персонала, реконструкцию производственных мощностей и цепочек поставок. Сегодня даже военная техника рассматривается не только как средство обороны государства, но и как источник доходов, которые могут быть получены на международном или внутреннем рынке вооружений. Последние примеры из российской практики взаимодействия Министерства обороны и промышленности ВПК показывают, что даже на внутреннем рынке отечественным производителям составляют конкуренцию зарубежные фирмы, когда компании РФ из монопольных соблагов начинают завышать цены на продукцию, либо затягивают сроки ее поставки, или не обеспечивают должного качества. Поэтому современные принципы управления реализацией программ актуальны во всех секторах авиационной промышленности.

7.2. Современная организация планирования и управления реализацией программ создания наукоемких изделий

7.2.1. Недостатки существующей системы управления реализацией программ в российском авиастроении

Вспомним, как строилась типовая программа создания нового самолета в СССР. Вначале средства на НТЗ (научно-технический задел) выделяли всем отраслевым институтам для научных разработок. Далее версталась программа «прорывных» технологий по основным направлениям - аэродинамика, новые материалы, навигационные системы, и т.д. На ее базе составляли примерные программы испытаний с участием других отраслевых организаций, прежде всего, представителей ЛИИ, выдавались заключения головных институтов на первый вылет и т.д. Объективные законы развития техники универсальны, поэтому по существу мировые лидеры авиастроительного бизнеса реализуют при создании новой продукции аналогичный набор работ, но как будет показано далее, с отличиями как в управлении проектом, так и в отношении к его экономической компоненте.

При этом в отечественной практике разработки новых изделий многие новаторские предложения были непроработанными, нередко конструкторы старались делать максимально оригинальное ВС. В результате нередко огромные деньги расходовались на рискованные улучшения, а следующей программе доставалось очень мало от наработанных ранее НИОКР.

В военной авиации иногда такой подход оправдан, несмотря на экономическую затратность новых ВС, но в гражданском секторе возможен только жесткий баланс между сроками, затратами и рыночной привлекательностью нового изделия. При этом меньшие по размерам компании Bombardier и Embraer экономических принципов неукоснительно придерживаются (хотя пока текущие работы по созданию серии С у канадской фирмы напоминают историю хорошего самолета Dornier 728, послужившего невольной причиной банкротства своей компании из-за перерасхода средств на проект), а огромные Boeing и Airbus иногда теряют управляемость в программах разработки новых ВС, что и приводит к существенным отставаниям и потерям.

Пожалуй, первым рыночным проектом в авиастроении РФ был самолет SSJ «Суперджет». Программа стартовала от замысла в 2001 г. и завершилась сдачей ВС в эксплуатацию в 2011 г. В финансовых аспектах (если изучить материалы по разработке создаваемых в ОАК новых изделий) сегодня мало внимания уделяется необходимости нормирования выделяемых средств и производительности работ. Стоимость проекта включает расходование средств за конкретный срок при условии производства требуемого объема изделий. Увеличение этого срока при неизменности количества продукции в силу любых причин ведет к исчерпанию финансов.

Зарплата участников проекта должна быть заработана. Уже упоминалось, что на западных фирмах при годовом выпуске продукции в 20-50 раз больше, чем на заводах РФ, зарплата выплачивается больше только в 3-7 раз. Заработанные средства идут на развитие, обеспечение соответствия требованиям времени: перевооружение производства, обучение персонала, проведение НИОКР и т.д. Программы по повышению производительности труда, четкие планы для каждого сотрудника отсутствуют на многих предприятиях. Зарплата начисляется за время, проведенное на работе, что не укладывается в экономические реалии. У инофирм время разработок непрерывно сокращается, в том числе путем рациональной организации процесса и сведения к минимуму технических рисков (нововведений не более 10-15 % на каждый новый проект, осторожное внедрение новых материалов и др.). Например, Embraer тратит в среднем на создание новой региональной модели 3-4 года, для авиапромышленности РФ это пока перспективный уровень.

В заключение раздела уместно упомянуть, что западные компании в ходе предыдущих финансовых кризисов научились целенаправленно трансформировать передовые разработки военного сектора в гражданскую продукцию, в РФ такого конвейера пока не видно.

7.2.2. Современная организация управления проектами

Для организации работ в авиастроении (и других отраслях высоких технологий) широко применяют методологию Управления Проектами (Project Management), содержащую предметный набор инструкций и регламентов технологии управления, в том числе разработками высокотехнологичной продукции, применение которой повышает надежность достижения поставленных целей в запланированные сроки, с требуемым качеством и в рамках бюджета.

В основе современных методов управления проектами лежат методики структуризации работ, *сетевого планирования*, разработанные в конце 50-х годов прошлого века в США. Создание технологии планирования работ на основании оптимальной логической схемы процесса (PERT, Program Evaluation & Review Technique, Метод оценки хода выполнения и пересмотра программ), открыло возможность руководству программы точно знать, что требуется делать в каждый момент времени и кто именно должен это делать, а также оценивать вероятность своевременного завершения отдельных операций.

Шаги стандартной процедуры управления проектами показаны на рис. 7.1.

Отметим, что управление одним проектом в практике почти не встречается: основные решения включают переброску ресурсов не внутри одного проекта, а между проектами портфеля (набора проектов) одной организации. Основные особенности портфеля проектов:

- нет точных дат начала и окончания, разные проекты начинаются и заканчиваются в различные сроки (в авиастроении, в силу большой длительности ЖЦИ, сроки могут отстоять друг от друга на годы);
- ресурсы организации существуют до и после проекта, их планирование к применению и занятость должны обеспечиваться непрерывно;
- при наличии портфеля проектов имеется больше стейкхолдеров (заинтересованных сторон), нежели в одном проекте, сложнее увязать эти интересы между собой;
- проекты связаны общими ресурсами, например, логистика и закупки могут выполняться оптом в рамках всей программы, а не отдельных проектов.

Сегодня разработаны международные стандарты управления проектами, стандартизированные требования к квалификации и навыкам менеджера проекта и других участников проектных команд. Стандарты по управлению единичным проектом представлены, например, Руководством к своду знаний по управлению проектами (PMBoK, Project Management Body of Knowledge), Руководством к качеству при управлении проектами ISO 10006, Системой знаний о процессах управления проектами (PRINCE 2) и являются наиболее ранней и достаточно проработанной по структуре и содержанию группой стандартов.

Области знаний/деятельности	Группы процессов	Инициация	Планирование	Выполнение	Контроль
4. Интеграция			4.1. Разработка проектного плана	4.2. Исполнение проектного плана	4.3. Контроль и координация изменений
5. Определение целей и рамок проекта	5.1. Инициация	5.2. Планирование целей 5.3. Утверждение целей			5.4. Проверка целей 5.5. Контроль изменения целей
6. Управление временем		6.1. Определение действий 6.2. Определение их последовательности 6.3. Оценка сроков 6.4. Разработка календарного плана			6.5. Контроль календарного плана
7. Управление затратами		7.1. Планирование ресурсов 7.2. Оценка стоимости 7.3. Бюджет затрат			7.4. Контроль затрат
8. Управление качеством		8.1. Планирование качества	8.2. Соблюдение качества		8.2. Контроль качества
9. Управление персоналом		9.1. Организационное планирование 9.2. Подбор персонала	9.3. Развитие проектной команды		
10. Управление коммуникациями		10.1. Планирование коммуникаций	10.2. Информационный обмен		10.3. Отчетность по проекту
11. Управление рисками		11.1. Планирование действий 11.2. Определение рисков 11.3. Количественный анализ 11.4. Качественный анализ			11.6. Мониторинг и контроль
12. Управление закупками		12.1. Планирование закупок 12.2. Планирование запросов	12.3. Запросы на закупки 12.4. Подбор поставщиков и проведение закупок 12.5. Управление договорами		

Таксономия процессов и действий (функций) адаптирована из:
A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) 2000 Edition
 © 2000 Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newton Square, PA 19073-3299 USA

Рис. 7.1. Таблица отражения процессов предприятия в управлении проектом

Стандарты отличаются, так как отражают опыт тех отраслей, для которых они разработаны. Например, стандарт Lastplanner имеет особенности, удобные для использования концепции бережливого производства. Делается акцент на коммуникативное общение участников проекта: цикл «запрос–обещание–отчёт–подтверждение». Применяются конкретные методики планирования:

- предписанные уровни разбиения работ сверху вниз (проект, фаза, операция, процесс, шаг);
- планирование времени т.н. позднего старта (позднего времени начала, ПВН) работ;
- используется скользящее окно планирования, составление графиков по фазам проекта.

Внедрение руководства по управлению проектами на предприятии само по себе не гарантирует надлежащих результатов управления проектами. В проектировании, например, эффективно использовать методы, адаптированные для специфики процесса.

Обратимся вновь к рис. 0.2. При многообразии используемого инструментария на предприятии могут возникать коллизии между направлениями бизнес-процессов. Менеджеры проектов, как специалисты в области управления, часто пытаются отделить свою нишу от технических специализаций. Вместе с тем инженеры, на разных этапах внесшие свой вклад в развитие управления проектами на практике, полагают, что именно они владеют этой областью и часто не приемлют независимой ветви управления проектами. Один из вариантов решения: в западных компаниях на каждом уровне проекта (начиная сверху вниз) работает дуэт ПМ (менеджер проекта) и ТЛ (технический лидер).

Напомним начальные этапы организации управления процессом проектирования. На старте работ проводится разделение обязанностей по проекту. При матричной структуре построения интегрированных команд проекта, должен быть выделен менеджер проекта ПМ, в обязанности которого входит набор организационных функций:

- управление проектами;
- планирование программ;
- риск-менеджмент;
- мониторинг показателей качества;
- контроль стоимости отдельных работ и проекта в целом;
- наблюдение за выполнением планов работ.

Также назначается технический лидер (ТЛ) проекта, отвечающий за:

- оперативное управление темой проекта;
- построение интегрированной команды;
- техническое руководство работами проекта;
- поставки (выполнение промежуточных результатов по этапам);
- диалог внутри команды и с внешними партнерами.

В структуре предприятия обычно имеется руководитель тематического направления, в обязанности которого входит поддержка базовых направлений и навыков персонала:

- используемые процессы;
- применяемые методы;
- требования к документации проекта;
- подготовка кадров;
- организация тренингов;
- подбор расстановки людей для конкретных работ;
- всесторонняя оценка сотрудников и планирование их развития.

Собственно процесс менеджмента включает ряд стандартных действий:

- открытие проекта;
- планирование проекта;
- управление рисками;
- мониторинг и проверки исполнения работ;
- управление графиком проекта;
- управление бюджетом (стоимостью);
- управление качеством на всех этапах работ;
- управление ресурсами проекта;
- регулярные и поэтапные отчеты по теме.

Планирование есть один из важнейших элементов проекта. Разрабатываемый набор основных планов проекта включает:

- План верхнего уровня для основных этапов (на основе Мастер-графика);
- Общий План проекта (содержит время исполнения работ, ресурсы, риски, затраты, требуемые результаты);
- План качества (процедуры проекта, методы работ, критерии оценки и др.);
- План управления рисками (исходный анализ рисков и управление);
- Даты получения результатов по времени (поставок);
- Детальный план-график на ближайшее время (несколько месяцев);
- Доску проекта (наглядные инструменты для визуализации контроля);
- Регламент обмена информацией и данными (в том числе, в едином информационном пространстве);
- Контактную таблицу (кто за что отвечает, имена, адреса, телефоны).

Составление и исполнение такого набора документов заметно облегчает ПМ дальнейшее управление работами. Управление план-графиком проекта включает контроль исполнения работ, принятие мер при отклонении от графика. Тесно связано с этим управление ресурсами (в процессе

проектирования к ресурсам относят персонал и компьютеры с лицензиями на программное обеспечение, а шаг планирования по времени обычно равен неделе). График контроля поставок результатов (документации проекта) отслеживается также на недельной базе. Важным действием управленческого процесса является периодическая актуализация графиков в ходе проекта. ПМ выполняет стандартные шаги актуализации:

- определить проблему с возможной задержкой сроков исполнения;
- оформить запрос на корректировку графика с объяснением причин;
- обсудить с ТЛ варианты действий и принять решение об изменении графика;
- оформить задание на изменение запланированных работ и документации;
- провести заданные действия для реализации изменения;
- зафиксировать результат актом приемки и занести в базу данных проекта;
- выдать сигнал на коррекцию графика в отдел управления проектами.

Управление стоимостью включает мониторинг затрат и сравнение с плановым бюджетом. Для проектных работ важнейшими факторами управления стоимостью являются поддержание заданного уровня производительности труда и выдерживание плановых сроков по этапам работ.

Управление рисками осуществляется через внедрение плана управления рисками и регулярную работу по его пересмотру и реализации мероприятий (при необходимости).

Менеджер проекта ПМ (с помощью лица, ответственного по качеству) также ведет управление качеством проекта путем исполнения ряда следующих действий (кратко):

- ведение учетных записей проекта;
- подготовка материалов плана качества;
- разработка и внедрение недостающих процессов проекта;
- подготовка листов, применяемых для проверки чертежей;
- развитие шаблонов выпускаемых документов;
- Ведение статистики несоответствий;
- разработка коэффициентов повышения эффективности (КПЭ) проекта и ведение статистики показателей;
- подготовка ежемесячных отчетов с анализом мероприятий;
- подготовка и проведение регулярных аудитов;
- переиздание основных документов системы менеджмента качества СМК (при необходимости).

Удобным и простым методом контроля текущих работ является лист открытых позиций (OIL, Open Items List), где в формате Excel ведется таблица текущих поручений (задачи, сроки, ответственные) для еженедельного контроля.

Метод параллельного инжиниринга, компьютеризация процессов, работа конструкторов в режиме удаленного доступа становятся сегодня реальностью и в области высоких технологий РФ. Однако, четкая организация большого количества процессов, детальное планирование работ (когда задачи доведены до каждого исполнителя на 3 месяца вперед минимум), контроль прохождения проекта путем актуализации различных планов и графиков работ, планирование долговременных задач (когда исполнитель знает не только сроки начала и окончания своего этапа работы, но имеет четкий план промежуточных действий и вех) не развиты на большинстве предприятий, совещания отвлекают много людей, затянуты по времени, слабо используется электронный документооборот именно в управленческой сфере. Мало найдется, например, предприятий, где ответ на запрос в ходе проекта разработки большой системы должен быть дан в течение 72 часов (практика компаний США).

В заключение раздела отметим, что все процедуры и регламенты, определяющие вышеперечисленные действия, должны быть утверждены на предприятии и доступны для всех участников процессов. В необходимый набор входят стандарты ИСО, ГОСТ (ЕСКД и др.), ОСТ, СТП, регламенты предприятия. Общепринято оформлять основные процедуры проекта в виде стандартов системы качества предприятия. В Приложениях ПЗ.1, 3.2. даны образцы некоторых документов начальной стадии проекта, которые можно использовать с незначительной адаптацией под конкретный профиль предприятия.

7.2.3. Система гейтов как инструмент контроля реализации программы

Типовая организация процессов принятия решений, удобных для менеджеров, построена следующим образом. Как указывалось ранее, жизненный цикл изделия (ЖЦИ) является одним из основных понятий, используемых для управления основными системами программы/проекта. Структура управления им включает все шаги, которые должны быть сделаны для выполнения программы или проекта в различных фазах, разделенных точками принятия ключевых решений или «воротами», гейтами (decision gates). Гейты – это события, при которых лицо или группа, принимающие решение, определяет готовность программы/проекта к переходу на следующий этап жизненного цикла.

Каждые «ворота решений» имеют типовую структуру проверки результатов предыдущего этапа проекта. В ходе этапов между прохождением «ворот» работы команды проекта должны выполняться на основе плана проекта. Исходными данными для прохождения ворот являются результаты действий на предыдущей стадии. Этот набор данных определяется заранее, в рамках плана проекта, для представления на совещание по

прохождению «ворот». В завершение этапа проводится презентация результатов комплексного анализа функциональной деятельности, который должен быть выполнен командой для представления к совещанию на соответствующих воротах. Финалом этапа является точка принятия решения или ворота, когда необходимо принять одно из следующих решений:

- продолжать проект;
- закрыть;
- «заморозить» на время (до наступления дополнительных событий);
- вернуть на предыдущий этап.

Принимаются во внимание три группы факторов: качество исполнения; бизнес-обоснование необходимости продолжения работы (поскольку вполне может быть, что работа на этапе выполнена качественно, но продолжение проекта потеряло актуальность по внешним причинам) и качество плана дальнейших действий. На основании таких данных определяются критерии оценки проекта. Эта система показателей включает в себя финансовые, временные и качественные критерии. Положительное решение о продолжении проекта также означает, что определен путь вперед (утвержден план проекта, сроки и результаты для следующих ворот согласованы).

Решение двигаться далее может быть принято под условия, которые должны быть выполнены в течение согласованного периода времени. Программа или проект, который не проходит очередные ворота, может быть "повернут обратно", чтобы повторить попытку позже, или проект может быть прекращен. Т.е. весь процесс организуют путем декомпозиции жизненного цикла проекта на фазы, разбивая его на более управляемые части с типовыми задачами. Жизненный цикл проекта должен предоставить руководителям целостное поэтапное видение прогресса, достигнутого в моменты времени, которые соответствуют точкам принятия решения по управлению и выделению бюджетных средств.

Каждая цель, которую необходимо выполнить для перехода от одного этапа ЖЦ к другому этапу, должна быть расписана в терминах инженерных и экономических результатов для подтверждения перехода к следующему этапу. Внутри каждого этапа должны быть документированы процедуры поддержки ЖЦ объекта на этапе в интересах следующих этапов жизненного цикла объекта.

Приведем выдержки из текста стандарта ГОСТ/ISO 15288:2008 (в вольном авторском переводе с английского):

3.2.2. Ворота решений (decision gates)

«Ворота» принятия решений, также известные как контрольные ворота, часто называются "вехами" или "контрольным совещаниями". Ворота принятия решений отвечают на следующие вопросы:

- *Соответствует ли «комплект поставки» (набор полученных результатов) организационной ситуации?*
- *Приемлема ли его стоимость по бюджету?*

- *Может ли продукт быть поставлен Заказчику в те сроки, когда он нужен?*

Ворота принятия решений представляют главные точки принятия решения в жизненном цикле системы. ...

Главные задачи ворот принятия решений:

- *Гарантировать, что последующая доработка организационных и технических базисов приемлема и приведет к удовлетворительной верификации и валидации продукта.*
- *Обеспечить приемлемость риска перехода на следующую стадию.*
- *Продолжить стимулирование командной работы поставщика и заказчика.*

Утверждение решений в «воротах» следует за техническим обзором (совещанием), который готовят квалифицированные эксперты и вовлеченные в проект заинтересованные лица (заказчики, инвесторы, представители производства, авиакомпаний, и др., объединяемые одним словом – стейкхолдеры, stakeholders). Обзор основывается на строгом документальстве соответствия результатов этапа критериям совещания.

...

7.1.1. Ворота принятия решений (ВПП)

Ворота принятия решений – это утверждающее событие в ходе проекта, достаточно важное, чтобы быть включенным в график менеджером проекта, менеджером организации или заказчиком. Для каждого ворот принятия решений в момент их включения в базис проектного управления устанавливаются входные и выходные критерии. Ворота принятия решений обеспечивают, что новые мероприятия не начинаются, пока предыдущие мероприятия, от которых они зависят, не закончатся успешно. Продолжение работ после ворот принятия решений до того, как проект будет готов, связано с риском. Менеджер проекта решает принять этот риск, как это делается, например, при заказе оборудования длинного цикла изготовления.

В каждом воротах принятия решений имеется набор выборов:

- *Приемлемо: переходить к следующей стадии проекта;*
- *Приемлемо с оговорками: переходить и выполнить затребованные действия;*
- *Неприемлемо: не переходить; доработать эту стадию и повторить пересмотр, когда будет готовность;*
- *Неприемлемо: вернуться на предыдущую стадию;*
- *Неприемлемо: заморозить мероприятия проекта;*
- *Невосстановимо: закрыть проект.*

...Описания ворот принятия решений должны определять:

- *Назначение ворот принятия решений;*
- *Организатора и личность руководителя;*

- *Участников совещания;*
- *Место обсуждения;*
- *Повестку дня и как будут эти ворота принятия решений проводиться;*
- *Набор доказательств по этапу, которые должны быть подготовлены и будут оценены;*
- *Действия в процессе обзора проекта;*
- *Способ завершения обзора» (конец цитаты).*

Как следует из вышесказанного, в системе гейтов для продвижения программы по этапам жизненного цикла необходимо выполнить набор стандартных действий по планированию, обоснованию, расчету рисков и финансовой эффективности программы. На каждом этапе (иногда этапы объединяют в блоки, как в нижеприведенном примере, представляя менеджменту внутри блоков только отчетность без проведения итогового совещания) необходимо подготовить ряд документов, по которым проводимое совещание примет решение о переходе (или отказе в переходе) на следующий этап работ. Система выстроена таким образом, что:

- затраты на программу и влияние рисков растут постепенно, и решение о выделении средств и ресурсов принимается на основании необходимого набора информации о предыдущих стадиях.
- стандартизация типовых элементов программы позволяет упростить планирование работ и изучить требования к представляемым данным.
- менеджеры технического и управленческого звеньев имеют четко поставленные задачи и критерии оценки результатов для принятия решений.
- полезно создать и поддерживать единую информационную платформу, ЕИП (информационную модель проекта), как инструмент интеграции и хранения данных о жизненном цикле, содержащий всю необходимую информацию и механизмы обмена данными для обеспечения сквозного управления жизненным циклом (УЖЦ) продукта.

7.2.4. Построение структуры управления высокими технологиями

Одной из особенностей современного менеджмента в высокотехнологичных отраслях является то, что каждую сложную авиационную программу (или ее часть) ведут в зарубежных фирмах два руководителя: технический лидер и менеджер проекта (управляющий программы), см. п. 7.2.2. Первый отвечает за технический процесс достижения цели, второй – за график, сроки и результаты исполнения этапов и программы, бюджет и организацию работ (ресурсы людские, компьютерные и др.). Интересно, что в Европе, Азии и США приоритеты в дуэте разные (у европейцев – техника, в других регионах – управление), но и там и там решения принимаются в консенсусе. Так, любые изменения в ходе проекта оцениваются перед их утверждением с точки зрения влияния на сроки и бюджет.

Вышесказанное не следует понимать так, что менеджеры будут проектировать самолеты и двигатели. Например, приведем послужной список руководителя успешной программы Boeing – 777 (с июня 2001 около 1.5 лет), R. Conner, вице-президента по поставкам и производству. Ранее был вице-президентом по продажам в Тихоокеанском регионе, вице-президентом по продажам коммерческих самолетов Boeing, услуг и лизинга. Позже, между 2003 и 2007 гг. был президентом по продажам в обеих Америках, отвечал за связи с авиакомпаниями. Напрашивается вывод, что менеджеры – знатоки рынка могут успешно руководить высокотехнологичными авиастроительными фирмами. При этом не ставится нереальная задача воспитать уникального всезнающего руководителя (Генерального конструктора). Движение к цели проекта с точки зрения управления достигается путем стандартизации процесса, ясно поставленными целями этапов, организацией работ в интегрированной команде (подробнее см. гл. 9), четко определенными критериями принятия решений (см. п. 3.2.2.).

Конструкторы на этапе формирования нового продукта собраны в «центры компетенций», CoS, Center of Competence. Они предлагают решения и доказывают их пригодность, однако в условиях ограничений в финансах и времени, под давлением рынка именно менеджеру необходимо найти баланс между затратами и результатом проекта. Увлекающиеся технические специалисты часто не видят или не хотят видеть того, что видят менеджеры: когда предлагаются неоправданные с точки зрения ожидаемого результата изменения стоимости и сроков работ. Например, менеджер не может одобрить решение с применением в изделии несертифицированных материалов.

При этом в ином фирмах широко используется ротация большинства менеджеров по горизонтали примерно раз в 2 года. С одной стороны, поддерживается интерес к работе (психологи считают, что при приходе на новое место сотрудник сначала активно изучает тематику, далее интенсивно развивает ее, но затем начинает терять интерес к изученной деятельности). С другой стороны, менеджер, поработавший на разных направлениях, приобретает новые знания, проникается корпоративной культурой, шире смотрит на поставленные задачи, и при повышении в должности уже имеет большой опыт работ.

Довелось изучать опыт многих иностранных менеджеров среднего звена. Один из них, в роли кризисного менеджера одной из самых известных авиафирм, реализовал эффективную идею сделать испытателей конечной продукции ответственными за серийную поставку авиадвигателя в целом, замкнув на них анализ и ликвидацию промежуточных проблем производства. Другой сделал впечатляющую карьеру в короткие сроки благодаря результативной работе. Будучи начинающим менеджером,

получил задание снизить вес компонента на 10 %, организовал рабочие процессы, поставил задачи конструкторам, добился снижения веса серийного узла на 22 %. Получил второе задание по ликвидации досадного дефекта в производстве. Привлек специалистов по 6 сигма, задача была решена успешно, и т.д. и т.п. На решение вопроса по каждой тематике как раз уходило около 2 лет. Нюансами же конструкции должны владеть технические специалисты по направлениям СоС – аэродинамика, прочность, авионика, конструкция, системы и т.д.

Большинство решений в условиях современного управления на западных фирмах принимается коллективно, и в редких случаях при наличии равнозначных развилочек требуется «власть употребить», однако предварительная подготовка вопроса, выносимого к вышестоящему руководству, направлена на снижение риска при принятии решения. В то же время, в перегруженных количеством руководителей структурах российских КБ менеджеры, не несущие конкретной ответственности, зачастую только мешают работе, что ведет к размыванию процессов принятия решений и управленческим ошибкам. Поэтому организация «ворот принятия решений», введение управления дуэтом в командах, ротация управленческих кадров могут стать полезными и в нашем авиастроении.

7.3. Анализ практического опыта управления реализацией программ в авиастроении

7.3.1. Примеры реализации системы ворот принятия решений (гейтов)

7.3.1.1. Далее приведены типовые шаги программы GE от решения о начале разработки (gate 3) до начала проектирования (gate 6). Всего в компании по жизненному циклу продукта выбрано 10 ворот (у компании Airbus принято 14 ворот, в NASA их 7). На основании опыта в GE решено, что результаты для прохождения контрольных ворот 4 и 5 представлены ответами на стандартные контрольные вопросники (checklist), без проведения отдельных совещаний.

Итак, после принятия положительного решения у ворот № 3 о дальнейшем движении проекта, для прохождения ворот №6 требуется:

- спланировать стратегию и направление программы;
- определить подробные требования заказчика к изделию;
- инициировать функцию развертывания качества, (QFD, см. гл. 2) для определения верхнего уровня требований Заказчика, (СТQ);
- подготовить подробные предложения /планы программы;
- получить согласие клиентов покупать предлагаемую продукцию;

- дать руководству ответы на Контрольный лист (checklist) ворот № 4;
- завершить формирование технических требований к продукту;
- обновить бизнес-план и технический план проекта;
- определить метрики (измеримые характеристики) продукта для последующего контроля;
- получить одобрение финансовой модели программы;
- провести оценку рисков проекта;
- подтвердить финансирование, указать участников из подрядных организаций, и уточнить имеющиеся возможности выполнения работ;
- дать ответы на вопросы Контрольного листа (checklist) ворот № 5;
- выпустить набор исходных документов проекта;
- выявить элементы плана, лежащие на критическом пути;
- уточнить лучшие варианты реализации работ;
- завершить выбор предлагаемых производственных процессов;
- определить график подготовки контрольного обзора (совещания);
- уточнить перечень ответов на контрольный вопросник ворот № 6;
- провести совещание по рассмотрению результатов ворот № 6.

практически здесь перечислены планы работ и перечень предъявления результатов последовательно по трем воротам принятия решений (№№ 4...6). После успешного преодоления ворот № 6 проект изделия выходит на стадию реализации в производстве.

7.3.1.2. Применение системы «гейтов» в РФ.

НПК "Иркут", применяя систему «контрольных ворот» на проекте, провело совещание по третьему гейту программы МС-21¹

«ОАО "НПК "Иркут" провело работы по прохождению третьего контрольного рубежа (гейта) программы создания среднемагистрального узкофюзеляжного лайнера МС-21, говорится в сообщении пресс-службы корпорации.

Комиссия, в состав которой входили представители промышленности, отраслевых институтов и государственных органов, одобрила представленные корпорацией "Иркут" материалы. Прохождение третьего контрольного рубежа предусматривало:

- *анализ бизнес-плана и экономической эффективности программы,*
- *оценку рынка и маркетинговой политики,*
- *рассмотрение и утверждение эскизного проекта,*
- *оценку принятых технических и технологических решений,*
- *анализ решений по поддержке жизненного цикла,*
- *использованию информационных технологий и интегрированной логистической поддержки.*

¹ (Москва. 9 февраля 2010. АвиаПорт.)

Кроме того, третий гейт, в соответствии с "Порядком управления авиационными программами ОАО "ОАК", определяет этап № 3 как "готовность предложить", отмечая, что данный этап предназначен для определения конфигурации воздушного судна. В задачи, в частности, входит:

- *выбор ключевых изготовителей и поставщиков,*
- *определение окончательных требований к конструкции воздушного судна,*
- *определение сертификационного базиса,*
- *определение критериев запуска программы производства,*
- *определение схемы производственной кооперации,*
- *подтверждение наличия финансирования, участников и производственных мощностей».*

Таким образом, различные авиастроительные компании РФ (Гражданские самолеты Сухого, НПК «Иркут») начали использовать в практике работ систему «ворот принятия решений» стандарта ГОСТ/ISO 15288:2008. В то же время, отметим, что существенный эффект может быть достигнут при комплексном внедрении современных методов управления проектом: на стадии планирования, на фазе исполнения планов, на этапе принятия решений о достижении промежуточных и конечных результатов программы.

7.3.2. Программа реформирования компании Airbus как пример проектного управления

Для примера к данному разделу изложен эпизод из жизни Airbus. В 2006 г. компанию настиг внутренний кризис. Задержки поставок и перерасход средств, связанные с программой создания широкофюзеляжного коммерческого самолета А-380, привели к резкому падению прибыли компании. Для выхода из кризиса Airbus представил Европейскому рабочему совету план реструктуризации компании под названием Power8 (далее будем использовать сокращение П8) и одновременно объявил о формировании своей новой структуры производства и управления. Осуществление плана П8 позволило Airbus эффективно решать серьезные проблемы реструктуризации долгов, связанные с низким курсом доллара США, возросшей конкуренцией, финансовой нагрузкой, вызванной задержками в поставках самолетов А-380, а также с необходимостью привлечения инвестиций на новые разработки в ближайшем будущем. Этот план включил в себя широкий спектр мероприятий, направленных на значительное снижение издержек, преобразование существующей бизнес-модели компании, а также на дальнейшее развитие международной партнерской сети, а также ликвидировать неэффективные составляющие существующей структуры. В плане П8 было предусмотрено обеспечение полной интеграции промышленных активов Airbus за счет создания межнациональных комплексных специализированных центров вместо национальных подразделений компа-

нии. Мероприятия, предусмотренные Power8, последовательно проводились в течение нескольких лет. Подчеркнем, что сам проект реформирования реализовался в рамках вышеописанных процедур управления проектами, с четким разбиением на этапы, критериями оценки их результативности, усилением финансовой дисциплины. И это дало требуемые результаты.

В рамках планов П8и последующего за ним П8+ руководство Airbus реализовало программы, направленные на радикальное сокращение издержек и увеличение доходов компании. Результатом таких мероприятий стало повышение уровня прибыльности компании, а также обеспечение дополнительного притока денежных средств. Значительное снижение расходов обеспечено за счет сокращения численности персонала компании Airbus на 10 000 человек, включая сотрудников, временно принятых на работу и работающих по суб-договорам. Внедрена эффективная система мониторинга расходов и денежных поступлений на всех этапах вплоть до момента их отражения в финансовой отчетности компании.

В план П 8 вошли следующие мероприятия¹:

«7.3.2.1. Внедрение более эффективных методов управления и сокращение затрат (пересмотр бизнес-процессов компании).

7.3.2.2. Сокращение накладных расходов Airbus: руководство Airbus провело постепенное сокращение 15 % избыточных рабочих мест в течение четырех лет (от уровня 100 % постоянных сотрудников, и еще 50% человек работали на предприятиях Airbus по субдоговорам). Airbus начал реализацию масштабной программы работы с персоналом, направленной на выявление соответствий, специалисты каких квалификаций нужны для эффективной работы новой структуры, и на последующее формирование соответствующих программ обучения.

7.3.2.3. Ускорение процесса разработки самолетов: сокращение цикла разработки нового самолета с 7,5 до 6 лет при одновременном внедрении эффективных процессов проектирования с привлечением партнеров на условиях распределения рисков, что должно позволить не только сократить время разработки, но и обеспечить требуемую высокую доведенность новых моделей при их вводе в коммерческую эксплуатацию. Кроме того, за счет улучшения процессов проектирования производительность конструкторских подразделений была повышена на 15 % за три года.

7.3.2.4. Внедрение методов бережливого производства для экономии затрат: интеграция процессов производства и проектирования в целях внедрения единых принципов бережливого производства на всех предприятиях компании. Планировалось поднять общую производительность труда на 16 % к 2010 году (достигнуто 13 %).

7.3.2.5. Повышение эффективности закупок: Мероприятия в рамках данного модуля призваны сократить затраты компании Airbus, связанные с поставками для производства. Одновременно оптимизирована система

¹ См. <http://www.aviaport.ru/digest/2007/03/02/116872.html>

логистики компании (путем сокращения количества центров логистических операций с 80 до 8).

7.3.2.6. Максимальное увеличение потока денежных средств путем усиления контроля за расходами компании.

7.3.2.7. Реализована концентрация усилий на основных направлениях деятельности (ликвидация непрофильных активов), которые непосредственно влияют на общую эффективность и безопасность самолетов Airbus, являются жизненно необходимыми для сохранения их технических и коммерческих преимуществ, обеспечивают их высокие эксплуатационные качества и надежность, в том числе полную доведенность при вводе в коммерческую эксплуатацию. Цель - сохранить опыт и знания, которые нужны для проектирования, производства и технической поддержки самых лучших и эффективных самолетов.

7.3.2.8. Пересмотрена стратегия долгосрочного международного партнерства. Компания провела отбор наиболее сильных партнеров для сотрудничества на долгосрочной основе, что позволило распределить между ними затраты и ресурсы, связанные с проектированием самолетов. Значительный объем работ передан поставщикам первого уровня, что позволило эффективнее распределять инвестиции, риски и объемы работ.

7.3.2.9. Оптимизация работы линий окончательной сборки самолетов. Airbus реализовал ряд мер, направленных на дальнейшее повышение эффективности работы линий окончательной сборки самолетов. Третья линия окончательной сборки самолетов семейства A-320 открыта на заводе в Гамбурге, чтобы обеспечить запланированное увеличение темпов выпуска этих самолетов. Четвертая линия сборки A-320 построена и введена в строй в Китае всего за 14 месяцев(!).

7.3.2.10. Ввод полностью интегрированной транснациональной структуры компании. В ходе реализации плана П8 и внедрения новой бизнес-модели Airbus преобразован в полностью интегрированную организацию с транснациональной структурой. Это позволило снизить издержки и повысить эффективность руководства за счет более прозрачной системы отчетности, ускорения процесса принятия решений и упрощения взаимодействия, путем создания четырех транснациональных комплексных специализированных центров во главе с ответственными руководителями – "Фюзеляж и салон", "Крыло и пилоны", "Хвостовая часть" и "Конструкция". Центр "Конструкция" отвечает за сборку частей фюзеляжа и установку элементов интерьера салонов.

Новая структура заменила существующую с ее 8 национальными инженерно-производственными центрами. Помимо этого, организационные изменения предусматривают интеграцию непроизводственных подразделений, например финансовой и кадровой служб, а также предоставление больших полномочий ключевым подразделениям, ответственным за проектирование, закупки и реализацию программ. Руководители национальных подразделений теперь выполняют функции полномочных

представителей компании Airbus, но не будут больше отвечать за производственную деятельность. Руководители национальных подразделений подчиняются непосредственно президенту Airbus и действуют от его имени. (Прим. авт. В результате производственная деятельность компании освобождена от политических влияний и полностью подчинена требованиям экономики и качества продукции).

Дана оценка относительного вклада перечисленных мер в экономику Airbus.

<i>Повышение прибыльности, обеспечиваемое модулями плана П8:</i>	
<i>Ускорение процесса разработки самолетов</i>	<i>6% ;</i>
<i>Повышение эффективности закупок</i>	<i>31% ;</i>
<i>Внедрение методов бережливого производства</i>	<i>16% ;</i>
<i>Сокращение накладных расходов</i>	<i>32% ;</i>
<i>Максимальное увеличение потоков денежных средств</i>	<i>б/о ;</i>
<i>Реструктуризация предприятий/ концентрация на основных направлениях деятельности</i>	<i>12% ;</i>
<i>Оптимизация работы линий окончательной сборки</i>	<i>3% ;</i>
<i>Итого</i>	<i>100%».</i>

В ходе реализации плана компании пришлось преодолеть значительное сопротивление как внешнее (политическое давление со стороны правительств-членов компании, выступления против ликвидации национальных привилегированных центров), так и внутреннее (забастовки сотрудников, недовольство коллективов продаваемых подразделений компании новым статусом экономически независимых юридических лиц). Однако цели сохранения бизнеса соблюдены были весьма жестко. После достижения первых позитивных результатов плана П8, компания перешла ко второй части реорганизации, получившей название П8+ (Power8Plus).

Зафиксирован промежуточный результат в 2011 г.¹

«Airbus сэкономил € 2900 млн в течение последних четырех лет с момента запуска программы реструктуризации П8 в 2007 году. Сокращена часть вспомогательного персонала Airbus, однако увеличено количество производственных рабочих и инженерно-технического персонала. Общая численность персонала с 2007 по 2011 гг. практически не изменилась. Целью было получить экономию без ущерба для программ разработки А400М и А350. В области закупок компания сократила расходы на € 500 млн за счет сокращения числа прямых поставщиков с 3 000 до 500.

Airbus хочет улучшить эффективность и сэкономить еще € 1 млрд. через реализацию плана П8+ к концу 2014 года. Дальнейшее сокращение рабочих мест не планируется».

Параллельно компания принимает неординарные решения по выбору подрядчиков на новый проект А-350ХВВ, см. раздел 4.6.3. Как важный результат приложенных усилий, отметим, что при таких кризисных мерах

¹ См. <http://www.airlineberg.com/index.php/2011/04/26/tirbus-aims-to-save-e1b-in-power8-follow-on-programme/>

европейцы не уступили Boeing первенство по количеству произведенных за год самолетов ни в кризисном 2007 г., ни в последующие годы, включая 2011 г. С 2003 г. Airbus выигрывал у конкурента по числу реально поставленных заказчикам изделий, демонстрируя устойчивый ежегодный рост в единицах поставок. Европейцы в 2010–2011 гг. обосновались на отметке выше 500 единиц, поставив 510 и 534 самолета соответственно. Следует сказать, что Boeing достигал рубежа поставок в 527 единиц еще в 2001 г., затем был спад, в 2011 г. поставлено 477 самолетов.

Удовлетворяя рыночный спрос в 2012 г., обе компании взяли новые рубежи. Boeing установил новый мировой рекорд, поставив 601 самолет. Airbus впервые за многие годы проиграл «раунд» 2012 г., однако также сумел поставить рекордное для себя количество 588 самолетов¹.

При этом европейцы сохранили лидерство в «узкофюзеляжном» сегменте. К сожалению, рывок Boeing 2012 г. в поставках инновационного B-787 обернулся после новогодних праздников массовой остановкой их эксплуатации из-за неполадок с аккумуляторными батареями, вспомогательными силовыми установками и др. – подчеркнем – далеко не самыми инновационными элементами изделия. Таким образом, разрабатывая и выводя на рынок инновационное изделие с высокой долей новизны и технического риска, не следует ослаблять контроль над «обычными» и, на первый взгляд, низкорисковыми компонентами.

По валовому обороту компаний Boeing выручил в 2010 г. за гражданскую технику 31.8 млрд. \$ США. Airbus в том же году на гражданской тематике получил 27.7 млрд. € Управление компаниями с такими объемами годового оборота представляет высокорискованное балансирование между огромным количеством влияющих факторов, внешних и внутренних. Изложенные ранее методы управления проектами и программами как раз направлены на всестороннюю подготовку и обоснование столь дорогостоящих управленческих решений.

7.3.3. Уроки управления производственной программой самолета F-22 (Lockheed Martin, Boeing и General Dynamics)

Опыт разработки и производства самолета 5 поколения F-22 (с 1991 по 2010 гг.) помог освоить ряд нововведений для повышения эффективности проектных работ. Концепция интегрированных команд проекта переместила участие производственных служб от их традиционного места в конце временного графика проекта налево, вровень с конструкторскими работами. Производители работали в одной команде с дизайнерами и эксплуатационниками, чтобы прояснить еще на этапе проектирования, что часть или система самолета не только была разработана согласно проектным правилам, но может быть затем эффективно изготовлена, а также будет

¹ См. <http://www.reuters.com/article/2013/01/17/us-airbus-orders-idUSBRE90G0CF20130117>

удобна в обслуживании. Такой подход улучшает взаимодействие всех участников процесса, позволяет избежать проблем и переделок в дальнейшем.

Среди инноваций, которые начали использовать в процессе сборки F-22, остановимся на двух.

Разработана Система динамического планирования сборки (DASS), т.е. виртуальное моделирование всей сборочной цепи. Менеджер планирует загрузку на основе исходных данных: сколько компонентов получено, кто из сотрудников болен, какие инструменты или станки недоступны из-за перерыва на техническое обслуживание и т.д. Система работает по моделированию работы круглосуточно, внося необходимые изменения в последовательности работ, чтобы обеспечить максимальную трудоемкость сборочных процессов в каждый конкретный день.

Введена в действие система Мониторинга сборочного производства - монитор телевизионного размера, что позволяет отдельному работнику вызвать рабочее задание на день, а система показывает инструкции для ее выполнения. Работник может смотреть на диаграммы в нужном порядке, разрешение картинки можно увеличить, чтобы смотреть на определенные части изображения. При этом в конце дня чертеж обновляется из основной базы данных. Таким образом, используется только последний вариант чертежа. Терминал также используют в качестве электронной доски объявлений, позволяющей работникам просмотр текущих новостей, расписание совещаний, успехи сотрудников и др.

В процессе сборки изделий были достигнуты производительность, качество и сокращение времени производства на 32 % путем следующих мероприятий:

- образована группа по работе с предложениями по улучшению бизнеса;
- фокус усилий группы был сосредоточен на шести процессах: инжиниринге, производстве, комплектации ПКИ, материалах, качестве и интеграции продукта, послепродажном обслуживании;
- развернут план приоритетности работ этих ключевых процессов;
- сформированы кросс-функциональные команды, назначены ответственные для владения процессами;
- проведено обучение методологии управления стоимостью для всех сотрудников;
- составлены карты для каждого процесса (как есть и как должно быть);
- создана иерархическая система измерений, чтобы количественно подтверждать приемлемую производительность конкретной операции по отношению к заданной цели;
- организованы регулярные совещания ведущих специалистов и принятие решений на проведение изменений;
- на базе методологии управления стоимостью создана среда непрерывного совершенствования процессов в рамках всей организации.

Одна из целей перестройки процессов - выявлять и устранять барьеры для приоритетных операций:

- получено снижение трудоемкости стыковки крыла/фюзеляжа на 50 %;
- снижены простои оборудования, переделки ошибочных работ;
- уменьшены потери по дефектам, транспортировке, монтажу, инспекциям;
- максимально снижены простои конвейера;
- снижено количество несоответствий на 50 % путем разработки цепи обратной связи по документации и проверок на трехмерных моделях;
- улучшены у поставщиков соблюдение плановой дисциплины и объем поставок вовремя;
- улучшена система управления изменениями и сокращено время цикла процесса на 75 %;
- решены основные межфункциональные вопросы между производством и проектантами.

Рекомендованы в ходе работ другие полезные мероприятия:

- предложено построить ресурсную модель предприятия (что подразумевает описание существующих рабочих центров для учета их мощности в рамках компьютеризованной системы управления предприятием, ERP);
- провести анализ действующих технологий сборки и автоматизации производства (анализ поставщиков оборудования);
- организовать подписание долгосрочных соглашений с поставщиками, направленных на снижение затрат на ПКИ;
- составить план выхода на проектную мощность завода, включающий планы переоснащения производства, набора и обучения персонала;
- определить точки изменения условно-постоянных расходов при серийном производстве и влияющие факторы;
- разработать систему мероприятий по адаптации и настройке существующей учетной системы (ERP) под потребности управленческого учета;
- оптимизировать на предприятии процедуры движения и учета всего набора товарно-материальных ценностей ;
- отказаться от повременной оплаты труда в пользу сдельной, ввести премирование за результат работ, как один из рычагов мотивации персонала.

ГЛАВА 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВИАТЕХНИКИ

8.1. Функции и структура информационных систем, применяемых при создании авиатехники

В последние десятилетия в наукоемких и высокотехнологичных отраслях промышленности развитых стран активно внедряется концепция непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий – CALS, Continuous Acquisition and Lifecycle Support¹. Технологии CALS позволяют всем участникам жизненного цикла изделий (исследователям и разработчикам; изготовителям; исполнителям технического обслуживания и ремонта (ТОиР); эксплуатирующим организациям, и т.д.) получать и обмениваться актуальной информацией:

- о конструкции изделия;
- о технологиях его производства и послепродажного обслуживания;
- о конфигурации каждого экземпляра изделия данного типа (т.е., о составе изделия, о том, какие номерные агрегаты установлены на данном экземпляре) и о предыстории изменения конфигурации;
- о техническом состоянии каждого экземпляра изделия данного типа (т.е., о текущей исправности и остатке ресурса основных деталей и узлов).

Стратегия CALS интегрирует информационные технологии, реорганизацию бизнес-процессов, параллельное проектирование, мультидисциплинарные (интегрированные) команды проекта, объединяющие в своем составе экспертов различных специальностей, а также электронный обмен данными. Нормативную базу разработок составляют международные и национальные стандарты, которые регламентируют различные аспекты CALS-технологий, определяют формат и содержание информационных моделей продукции, ее жизненного цикла и производственной среды.

Разумеется, и до появления концепции CALS на различных этапах ЖЦ авиатехники и на разных уровнях управления внедрялись различные классы информационных технологий и систем. Суть состоит именно в интеграции этих систем – как для разных этапов ЖЦ, так и для разных уровней принятия решений: для инженерной деятельности, для планирования и управления производством и ресурсами предприятия². Одним из централь-

¹ См. NATO CALS Handbook / NATO CALS Office, Brussels, 2000 – 342p.;

Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

² См. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции / М.: Анахарсис, 2002 – 304с.;

Гальперин Д.М. Информационные технологии жизненного цикла наукоемких изделий // Полет, № 6, 2006, с. 36-39

ных понятий в концепции CALS является ЕИП – единое информационное пространство. Вопросы организации ЕИП будут подробнее рассмотрены далее. Здесь же ограничимся принципиальным замечанием. Через ЕИП осуществляется безбумажное информационное взаимодействие между всеми участниками процессов жизненного цикла изделия. В ЕИП действуют единые правила хранения, обновления, поиска и передачи информации. Для поддержания целостности данных необходимо, чтобы ЕИП являлось для каждого участника ЖЦИ единственным и достоверным источником информации об изделии.

Генеральная цель разработки и внедрения CALS-технологий – оптимизация управления бизнес-процессами на протяжении всего жизненного цикла изделий. Участники ЖЦИ получают возможность оперативно взаимодействовать друг с другом в целях *совместного создания ценности* (именно такая концепция взаимодействия предприятий считается наиболее продуктивной в современной теории производственного менеджмента и маркетинга).

Процессы сбора, обработки, хранения и представления информации автоматизированы ввиду большого объема этой информации и необходимости ее анализа и использования в реальном времени. Поэтому, хотя идеи интегрированного управления бизнес-процессами на протяжении всего ЖЦИ, сходные с концепцией CALS, высказывались достаточно давно¹, практическое внедрение CALS технологий стало возможным лишь в эпоху массовой информатизации и компьютеризации производства.

Для реализации принципов CALS в конкретной организации требуется решить ряд научных и технологических задач:

- разработать архитектуру объектов, включая формальные информационно-логические и математические модели конструкции и конфигурации изделий, а также процессов разработки изделий, их серийного производства и эксплуатации;

- создать регламенты процессов и подобрать совместимые программно-аппаратные средства сбора, обработки, хранения и передачи информации заинтересованным участникам жизненного цикла изделий;

- разработать единые стандарты датацентрического описания изделий и процессов на всех этапах жизненного цикла (номенклатуру, объемы и форматы данных).

Реализация процессов сбора и обработки информации на различных этапах ЖЦИ обеспечивается с помощью различных информационных систем и основанных на них технологий, перечисленных в табл. 8.1. Конкретные примеры таких систем и соответствующего программного обеспече-

Дмитриев В.Г., Каргопольцев В.А., Вермель В.Д., Буньков Н.Г., Криворученко В.С. Интегрированная система автоматизации проектирования и производства аэродинамических моделей // Полет, № 6, 2006, с. 3-11.

¹ См. Глушков В.М. Основы безбумажной информатики / М.: Наука, 1982 – 552с.

ния широко известны и описаны в литературе¹. Основные задачи всех этих ИС таковы:

- свести воедино систему разнородных данных о продукте и его компонентах на всех этапах жизненного цикла, а также
- обеспечить интеграцию и обмен данными (в том числе, в соответствии с требованиями стандарта ISO 15926), учитывая, что срок жизни продукта существенно превышает срок использования поколения компьютерных ИТ инструментов.

Таблица 8.1

Информационные системы, применяемые на разных стадиях ЖЦИ авиатехники

<i>Этап ЖЦИ</i>	<i>Международное название класса информационных систем</i>	<i>Отечественный термин</i>
Маркетинг	CRM, Customer Relationship Management	Системы управления взаимоотношениями с клиентами
НИОКР, ТПП	Project Management Systems	АСУ НИОКР, автоматизированные системы управления процессом НИОКР
	CAD/CAM/CAE, Computer Aided Design / Manufacturing / Engineering	САПР-К / Т, системы автоматизированного проектирования, конструкторские / технологические; АСУ ТПП, автоматизированные системы управления технологической подготовкой производства
Серийное производство	MRP / MRP II / ERP, Material Requirements Planning / Manufacturing Resource Planning / Enterprise Resource Planning	АСУП / АСУТП, автоматизированные системы управления предприятиями / технологическими процессами
	SCM, Supply Chain Management	Системы управления цепочкой поставок
Эксплуатация и послепродажное обслуживание	Послепродажное Обслуживание	
	ILS, Integrated Logistics Support	ИЛП, интегрированная логистическая поддержка
	ИЭТР, Interactive Electronic Technical Publication; ETD, Electronic Technical Documentation	ИЭТР, интерактивные электронные технические руководства

¹ См. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции / М.: Анахарсис, 2002 – 304с.;
Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

Примеры применения тех или иных информационных систем и программных средств на отечественных авиастроительных предприятиях содержатся во множестве источников¹. Однако само по себе наличие информационных систем и технологий, перечисленных в табл. 8.1., еще не означает полноценного внедрения CALS. «Внедрение» подразумевает интегрированное, “сквозное” управление бизнес-процессами на протяжении всего ЖЦИ, реализуемое в ходе взаимодействия всех участников ЖЦИ в едином информационном пространстве. Упомянутые системы создаются и успешно внедряются, в т.ч., и изолированным образом, т.е., безотносительно к CALS. Тем не менее, их наличие является необходимым (хотя и не достаточным) условием внедрения CALS, поэтому они называются *опорными технологиями CALS*. За рубежом существуют промышленные образцы соответствующего программного обеспечения, однако импортозамещающие аналоги разрабатываются (с учетом отраслевой специфики авиастроения) и в России².

8.2. Экономические аспекты внедрения CALS-технологий на различных стадиях жизненного цикла авиатехники

8.2.1. Экономическая эффективность применения CALS-технологий на производственных стадиях ЖЦИ

Прежде чем уделять внимание конкретным технологическим аспектам внедрения CALS-технологий, следует определить, какую пользу они могут принести авиационной промышленности. Ответ на этот вопрос позволит более осознанно формулировать требования к самим информационным системам и направлениям прикладных разработок в сфере CALS. Поскольку внедрение информационных технологий и систем на предприятиях всегда является дорогостоящим и трудоемким, необходима корректная оценка потенциальной экономической эффективности таких мероприятий (т.е. достижимой при условии проведения необходимых организационных изменений). Для каждой стадии жизненного цикла необходимо:

- выявить возможные источники экономического эффекта от внедрения CALS-технологий,
- сформулировать подходы к количественному прогнозированию эффекта от внедрения CALS-технологий,
- на основе объективных оценок, выявить условия, в которых внедрение CALS-технологий принесет наибольший экономический эффект.

При участии авторов построены экономико-математические модели, с помощью которых получены детальные оценки оптимизации бизнес-

¹ См. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

² См. там же.

процессов при использовании CALS-технологий¹. Здесь описаны общие подходы к моделированию и качественные выводы.

Программно-аппаратные средства CALS активно внедряются на предпроизводственных стадиях жизненного цикла авиатехники, таких, как стадии рабочего проектирования, испытаний и доводки, технологической подготовки производства. Благодаря внедрению CALS-технологий в авиационной промышленности США были достигнуты следующие результаты²:

- сокращение затрат на проектирование – от 10 % до 30 %;
- сокращение затрат на подготовку технической документации – до 40 %;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации – до 30 %, и т.п.

Снижение затрат на разработку конструкции изделия и технологии его производства – не единственный фактор, определяющий экономическую эффективность внедрения CALS-технологий на стадии проектирования. Более того, не всегда его можно считать решающим. В современных условиях следует обращать внимание не только на удешевление предпроизводственных стадий ЖЦИ, но и на их ускорение. Внедрение CALS-технологий в авиационной промышленности США позволило сократить длительность разработки изделий на 40..60 %. Заметим, что относительное сокращение длительности разработки более существенно, чем относительное сокращение стоимости (10...30 %).

На стадии испытаний авиатехники внедрение принципов и технологий CALS позволяет радикально сократить длительность периода испытаний и потребный объем испытательных полетов, по следующим причинам:

- появляется возможность организовать оперативную обработку информации, собираемой в полете, в реальном масштабе времени;
- с помощью средств *управления летным экспериментом*³ во время полета можно оперативно изменять полетное задание, что повышает качество получаемой информации и долю зачетных полетов;
- облегчается реализация обратной связи между испытательными подразделениями и разработчиками изделий. Как следствие, более оперативно и с меньшими издержками вносятся коррективы в конструкцию изделий по результатам испытаний, т.е., ускоряется и удешевляется процесс доводки.

¹ См. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008 – 124 с.

² См. Судов Е.В., Левин А.И., Давыдов А.Н., Барабанов В.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / М.: НИЦ CALS-технологий “Прикладная логистика”, 2002 – 36 с.

³ См. Берестов Л.М., Вид В.И., Мельник В.И. Управление летным экспериментом / М.: Машиностроение, 1990 – 144 с.

В целом, благодаря применению CALS-технологий на предпроизводственных стадиях ЖЦИ, по оценкам американских авиастроительных компаний, достигается сокращение времени вывода новых изделий на рынок на 25...75 %. Насколько это эффективно, с экономической точки зрения? Как показывают расчеты, сокращение сроков вывода новой продукции на рынок приносит больший прирост прибыли, чем равное ему относительное сокращение стоимости разработки и подготовки производства изделий. Помимо сокращения ожидаемой длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ, важно и сокращение риска непредвиденного увеличения их длительности. Благодаря внедрению CALS-технологий радикально уменьшается объем необходимых конструктивных изменений, доработок, исправления ошибок, и т.п. Как уже было отмечено, в авиационной промышленности США сокращение объема конструктивных изменений при внедрении CALS-технологий составило 23...73 %¹. В итоге, сокращается технический риск срыва заданных сроков разработки и доводки характеристик изделий до заданного уровня.

Помимо результатов экономического моделирования, выводы об эффективности использования CALS на предпроизводственных стадиях ЖЦИ подтверждаются реальным опытом – пока, в основном, зарубежным. Использование ИТ и распараллеливание процессов конструирования изделий действительно позволяет уменьшать время разработки и экономить средства. Так, концерн Airbus сумел на четверть сократить цикл создания конструкции аэробуса A-340/600 по сравнению с A-340, который проектировался десятью годами раньше, в 1991 году, сэкономив около 50 млн. евро. Одним из важных достоинств электронного проектирования самолета явилось то, что после работ на ЭМИ, никаких существенных переделок в процессе производства продукта не потребовалось.

Важно прояснить существенное противоречие, которое активно используется в качестве контраргумента против информатизации наукоемких отраслей промышленности. На первый взгляд, заметного сокращения сроков разработки новых продуктов при внедрении электронных технологий, вопреки ожиданиям, пока не наблюдается (см. диаграммы на рис. 8.1).

Однако следует учитывать, что на данном этапе технологического развития мирового авиастроения наблюдается прогрессирующее усложнение изделий и технологий их разработки и производства (на фоне падающей отдачи от новшеств). Поэтому уже то, что не наблюдается значительного увеличения сроков создания новых поколений авиатехники, следует считать большим успехом, достигнутым, в т.ч., и благодаря CALS-технологиям. Кроме того, можно утверждать, что заметно повысились глубина и качество проработки изделий на этапе проектирования, а также

¹ См. Судов Е.В., Левин А.И., Давыдов А.Н., Барабанов В.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России / М.: НИЦ CALS-технологий “Прикладная логистика”, 2002 – 36 с.

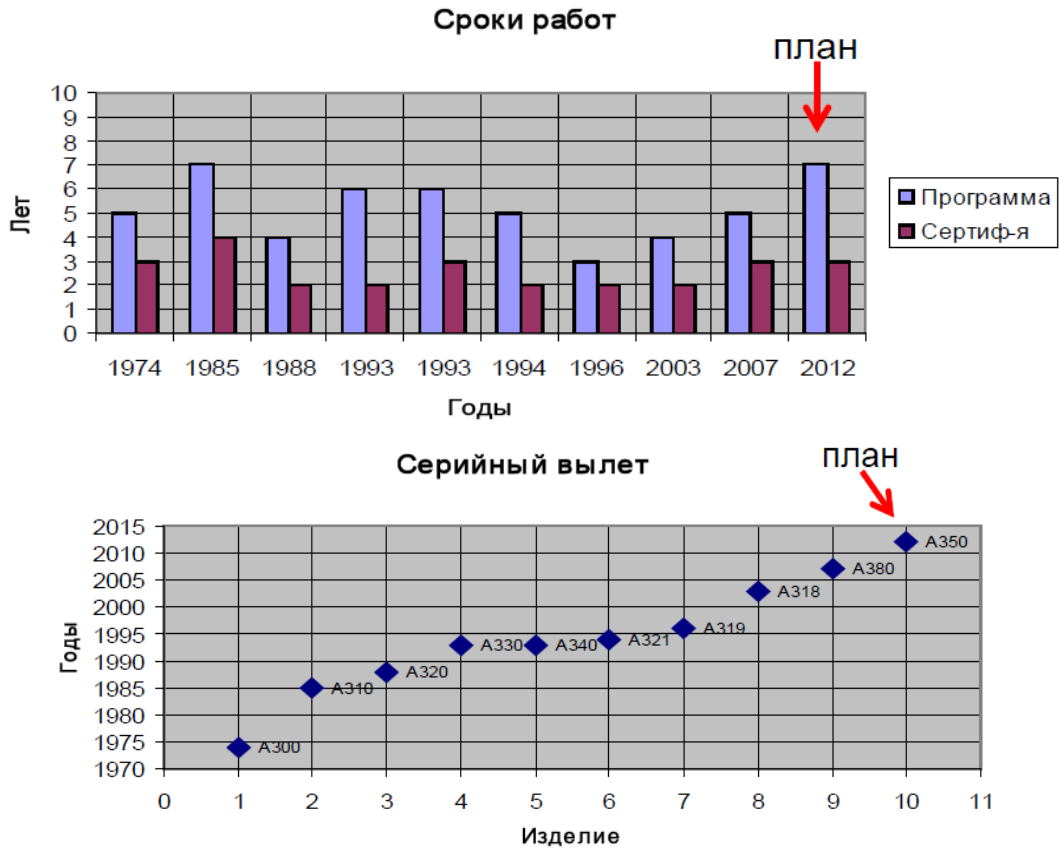


Рис. 8.1. Сроки реализации программ концерна Airbus Industry

надежность обоснований сертификационных данных, резко уменьшилось количество ошибок в чертежах, передаваемых на производство. Сократилась доля ручного труда при разработке производственных технологий. Безбумажные технологии проектирования изделий в сочетании с числовым программным управлением (ЧПУ) технологическим оборудованием позволяют радикально сократить длительность передачи изделия в серийное производство. При цифровом моделировании технологического процесса подготовки производства в несколько раз снижается время на подготовку серийного производства, а также существенно уменьшается стоимость самих технологических процессов изготовления деталей и узлов, сборки и испытаний ВС.

Следует отметить, что применение CALS-технологий требует интеграции информационного пространства, в котором взаимодействуют предприятия отрасли, использующие различные отечественные и зарубежные системы автоматизации проектирования и управления. Для обмена информацией необходима соответствующая нормативная база, включающая единые стандарты представления данных и документы, регламентирующие этот процесс и гарантирующие безопасность и достоверность информации, всего электронного документооборота, обеспеченного электронно-цифровой подписью.

8.2.2. Экономическая эффективность организации виртуальных предприятий

На стадии серийного производства авиатехники CALS-технологии позволяют перейти к новой, более эффективной организации бизнеса. Благодаря внедрению информационных технологий, состав предприятий – участников альянсов, поставляющих финальные изделия¹, может при необходимости гибко изменяться. Такое объединение с переменным составом участников называется *виртуальным предприятием*². Члены виртуального объединения связаны лишь общими экономическими интересами, а также единой информационной средой, содержащей в цифровой форме данные об изделии. Специализированные предприятия – поставщики комплектующих изделий и производственных услуг в этом случае называются *агентами* виртуального предприятия. Состав агентов может изменяться, например, для снижения цен поставляемых ими комплектующих изделий и производственных услуг, для минимизации контрактных рисков. Однако смена агентов сопряжена с дополнительными издержками и потерями, поэтому не всегда будет целесообразной.

В общем случае, образование виртуальных предприятий предоставляет следующие благоприятные возможности:

- прозрачность информации и улучшение контроля работ при разработке;
- возможность быстрой разработки и освоения серийного производства сложных изделий с использованием ключевых компетенций ведущих специализированных предприятий со всего мира;
- возможность гибкой смены поставщиков с целью удовлетворения динамично изменяющегося спроса на финальные изделия в той или иной конфигурации (т.н. *flexible production*);
- возможность гибкой смены поставщиков с целью минимизации материальных затрат при заданном уровне качества комплектующих и производственных услуг.

На стадии серийного производства наиболее существенными являются два последних фактора, которые, в свою очередь, по-разному проявляются в различных подотраслях авиапромышленности. Приведем несколько примеров, где часто возникает необходимость гибкого изменения конфигурации сложных изделий.

¹ Современная организационная структура авиационной промышленности подробно описана в п. 1.3.

² См. Клочков В.В. Некоторые экономические аспекты организации виртуальных предприятий в высокотехнологичных отраслях промышленности // Экономическая наука современной России, № 1, 2007, с. 57-67.

1. Аэрокосмическое приборостроение. Состав и характеристики комплекса бортового радиоэлектронного оборудования (БРЭО) могут быть различными при поставках авиатехники в различные страны, либо, если предполагается применение авиатехники в тех или иных целях. Например, грузовой самолет может использоваться в качестве транспортно-десантного, поисково-спасательного, либо, только для перевозки грузов гражданского назначения. В зависимости от этого, может потребоваться наличие в составе комплекса БРЭО прицельного оборудования, радиолокационной станции обзора земной поверхности, аппаратуры опознавания “свой – чужой”, и т.п.

2. Самолетостроение. Изменения, вносимые в конфигурацию самолета в процессе его финальной сборки, могут касаться компоновки и оборудования пассажирских салонов, конфигурации устанавливаемого комплекса БРЭО, типов авиадвигателей и т.п.

Что касается авиационного двигателестроения, безусловно, и в этой подотрасли авиационной промышленности формирование виртуальных предприятий может быть целесообразным. Но основной предпосылкой к их формированию в данном случае является не столько возможность гибкого изменения конфигурации изделий (в силу конструктивных особенностей авиационных газотурбинных двигателей, такое изменение практически невозможно), сколько возможность гибкой смены поставщиков отдельных компонент авиадвигателей с целью снижения закупочных цен при заданном уровне качества. Возможность снижения закупочных цен весьма важна для головного предприятия, работающего по принципу аутсорсинга. Поскольку основной статьей его затрат являются затраты на закупку комплектующих изделий и производственных услуг, произведенных независимыми предприятиями-агентами, даже небольшое снижение закупочных цен может привести к значительному повышению прибыли виртуального предприятия. Рассмотрим следующий наглядный пример. Предположим, что стоимость покупных комплектующих изделий составляет хотя бы 50% себестоимости продукции. Заметим, что для системного интегратора, закупающего все комплектующие изделия и услуги у поставщиков и подрядчиков, доля закупочных затрат в себестоимости может быть значительно выше. Предположим, что сложившаяся рыночная цена готового изделия изначально превышала себестоимость на 10%. Тогда, если гибкая смена агентов позволит снизить значение закупочных затрат всего лишь на 1%, это увеличивает прибыль альянса от реализации продукции приблизительно на $\frac{50\% \cdot 1\%}{10\%} = 5\%$. Таким образом, малозначительный, на первый

взгляд, эффект снижения закупочных затрат виртуального предприятия за счет гибкой смены агентов следует признать существенным, а в некоторых ситуациях – даже определяющим.

Можно получить приближенные оценки экономической эффективности организации виртуальных предприятий (с учетом вышеперечисленных благоприятных возможностей) следующим образом.

а) Эффективность оптимизации закупочной политики.

Даже относительно малое сокращение затрат на закупку комплектующих изделий и производственных услуг, достигаемое за счет гибкой смены поставщиков и подрядчиков, может приводить к значительному повышению прибыли головного предприятия. Рассмотрим упрощенную модель минимизации закупочных затрат за счет гибкой смены агентов. Пусть головному предприятию доступен выбор из $n > 1$ поставщиков комплектующих изделий или производственных услуг данного вида, причем, каждый потенциальный поставщик располагает достаточной производственной мощностью, чтобы полностью удовлетворить потребности головного предприятия в комплектующих изделиях определенного вида, составляющие q единиц в год. Предположим, что отпускные цены поставщиков изменяются независимо случайным образом, причем, принимают высокое значение $p^{\text{выс}}$, в среднем, на период $T^{\text{выс}}$, а низкое значение $p^{\text{низк}}$ – в среднем, на период $T^{\text{низк}}$. Периоды повышения и понижения цен чередуются. В рамках такого «ценового» подхода можно моделировать также колебания качества продукции поставщиков и нарушения ритмичности поставок, если этим явлениям удастся сопоставить стоимостную оценку.

Средняя закупочная цена комплектующих или производственных услуг данного вида при закупке у одного и того же поставщика составит

$$\bar{p}^{\text{пассив}} = \frac{p^{\text{выс}} \cdot T^{\text{выс}} + p^{\text{низк}} \cdot T^{\text{низк}}}{T^{\text{выс}} + T^{\text{низк}}},$$

а при «идеальной» смене состава агентов (т.е., при закупке по цене $p^{\text{низк}}$ всегда, когда это возможно) –

$$\bar{p}^{\text{идеал}} = p^{\text{выс}} \left(\frac{T^{\text{выс}}}{T^{\text{низк}} + T^{\text{выс}}} \right)^n + p^{\text{низк}} \cdot \left[1 - \left(\frac{T^{\text{выс}}}{T^{\text{низк}} + T^{\text{выс}}} \right)^n \right].$$

Однако мгновенная смена агентов без затрат невозможна. Введем следующие показатели гибкости организационной структуры:

$h^{\text{см}}$ – единовременные затраты средств на смену поставщика,

$\tau^{\text{см}}$ – характерное время, необходимое для смены поставщика.

Оценим суммарные затраты и потери, связанные с каждой сменой поставщика:

$$c^{\text{см}} = h^{\text{см}} + \tau^{\text{см}} \cdot \Delta p \cdot q.$$

Годовая частота смены поставщиков $m^{\text{см}}$ может быть оценена на основе модели, в которой система поставщиков представляется в виде замкнутой системы массового обслуживания (СМО). Фактическая

среднегодовая закупочная цена (при активной стратегии) составит, с учетом потерь на смену поставщиков:

$$\bar{p}^{\text{факт}} = \bar{p}^{\text{идеал}} + \frac{m^{\text{см}} \cdot c^{\text{см}}}{q}.$$

Предлагается следующий интегральный показатель эффективности активной смены агентов виртуального предприятия:

$$\gamma = \frac{\bar{p}^{\text{факт}} - \bar{p}^{\text{идеал}}}{p^{\text{пассив}} - p^{\text{идеал}}}.$$

Анализ приведённой модели показывает, что эффективность активного изменения состава агентов повышается, если:

- возрастает относительная амплитуда колебаний цен предложения поставщиков и их характерный период;
- снижаются затраты средств и времени на смену поставщика;
- увеличивается объем закупки комплектующих и услуг.

При этом существуют такие пороговые значения показателей гибкости организационной структуры виртуального предприятия $h^{\text{см}}$ и $\tau^{\text{см}}$, при которых преимущества виртуального предприятия теряются (т.е. $\gamma \approx 1$), и более предпочтительной становится традиционная жесткая вертикальная интеграция. Таким образом, организации виртуальных производственных объединений в российской авиационной промышленности должно предшествовать, наряду с появлением конкурирующих поставщиков, достижение определенного порогового уровня гибкости хозяйственных связей между предприятиями отрасли. Помимо технологических факторов (внедрение гибкого производственного оборудования, безбумажных технологий информационного обмена, и т.п.), это требует также повышенной адаптивности внутрифирменной среды и системы управления. Включение предприятий в состав виртуальных структур сопряжено с существенными изменениями в менталитете руководства и работников, в методах учета затрат и результатов.

Сокращение времени и стоимости смены поставщиков способно значительно смягчить для виртуального предприятия последствия срыва поставок комплектующих, в том числе из-за недобросовестности поставщиков. Это позволяет виртуальному предприятию существовать и устойчиво функционировать даже при наличии контрактных проблем, несмотря на отсутствие жесткого формального закрепления вертикальных связей. Также возможность гибкой смены поставщиков с небольшими транзакционными издержками усиливает конкуренцию на рынке комплектующих изделий и производственных услуг.

Фактически, именно возможность гибкой смены поставщиков ПКИ и открыла путь к образованию сетевых и матричных структур, описанных в главе 4 – в противном случае, заказчик ПКИ был бы жестко привязан к

поставщику, что порождает широко известную «проблему смежников» – завышение цен на ПКИ, повышение уровня их дефектности, что, в конечном счете, делает неконкурентоспособным все финальное изделие. Поэтому, хотя матричная структура отрасли позволяет многократно снизить постоянные издержки производства по сравнению с предприятиями полного цикла, переход к такой более прогрессивной структуре сдерживался оппортунизмом независимых поставщиков ПКИ. Таким образом, хотя сами по себе информационные технологии не приносят экономического эффекта, здесь они позволили внедрить более эффективную организационную структуру бизнеса, позволяющую сократить себестоимость производства.

б) Эффективность удовлетворения индивидуализированного спроса.

Гибкость структуры позволяет виртуальным предприятиям более оперативно реагировать на меняющиеся запросы потребителей, осуществляя, фактически, штучное производство изделий по индивидуальным заказам, оперативную модернизацию конструкций, и т.п. Таким образом, достигается качество продукции в современном, расширенном понимании этого термина¹, т.е., удовлетворение индивидуальных запросов различных потребителей.

Экономико-математическое моделирование гибкого изменения конфигурации изделий, выпускаемых виртуальным предприятием, возможно в рамках следующего подхода. Предположим, что финальное изделие может быть поставлено в различных конфигурациях (исполнениях), которые обозначены индексами $k = 0, 1, \dots, l$ в порядке возрастания сложности. При этом $k = 0$ соответствует т.н. *базовой комплектации* изделия – наиболее дешевой и распространенной. Спрос на различные варианты исполнения финальных изделий возникает случайным образом с вероятностями f_k ,

$$\sum_{k=0}^l f_k = 1.$$

Предположим, что клиенты готовы уплатить за финальное изделие строго в заданной конфигурации премию («надбавку за срочность» и индивидуальность заказа). Как известно, изделия в более сложных исполнениях, как правило, имеют и более высокую себестоимость. Поэтому далее под премией подразумевается чистый выигрыш головного предприятия – прирост т.н. *маржинальной прибыли*, т.е., разности цены и переменных затрат, приходящихся на одно изделие. Также необходимо учитывать, что премия убывает со временем t , прошедшим с момента получения заказа, по какому-либо известному закону $\Delta p_k(t)$. Убывание премии связано со следующими факторами:

- 1) заказ может быть передан конкурентам;

¹ См. Васильев В.А., Каландаршвили Ш.Н., Новиков В.А., Одинокоев С.А. Управление качеством и сертификация / М.: Интермет инжиниринг, 2002 – 416 с.

2) срочность исполнения повышает привлекательность изделия для заказчика.

Предположим, что длительность изготовления изделия в k -й комплектации равна $t(k)$. При оценке этой величины необходимо учитывать следующее. Массовое производство изделия в базовой комплектации возможно, в т.ч., и при жестко вертикально интегрированной структуре, в рамках которой реализуется полный цикл выпуска стандартизированных изделий. Но для производства изделий в индивидуальных конфигурациях головному предприятию необходимо формировать индивидуальный состав агентов, т.е., по существу, уникальное виртуальное объединение. Поэтому $t(k)$ определяется длительностью:

- формирования уникального виртуального объединения для исполнения данного заказа,
- освоения производства необходимых комплектующих изделий и производственных услуг каждым из предприятий-агентов,
- поставки заказанных комплектующих изделий для финальной сборки.

Предприятие может выбрать одну из двух альтернативных стратегий:

- вести производство изделий исключительно в базовой комплектации;
- перейти на гибкое удовлетворение индивидуальных заказов, что потребует дополнительных постоянных затрат $\Delta FC_{\text{гибк}}$ на обеспечение гибкости производства.

Последняя величина включает в себя не только затраты на внедрение CALS-технологий, а также гибких производственных систем, но и стоимость поддержания резервных мощностей на предприятиях-агентах, которые должны оперативно исполнять индивидуализированные заказы.

Таким образом, переход к производству изделий по индивидуальным заказам, по сравнению с выпуском изделий в базовой комплектации, приводит к следующему изменению прибыли:

$$\Delta \Pi = q \cdot \sum_{k=0}^l \{ f_k \cdot \Delta p_k [t(k)] \} - \Delta FC_{\text{гибк}},$$

где q – суммарный объем выпуска изделий.

Заметим, что описанное изменение прибыли может оказаться отрицательным, если:

- относительно мал спрос на изделия в индивидуальном исполнении – как в натуральном выражении ($f_k \ll f_0$, $k = 1, 2, \dots, l$), так и в стоимостном (т.е., $\Delta p_k(t)$ невелико и быстро убывает со временем);
- мал суммарный объем выпуска изделий q , и/или велики постоянные затраты на обеспечение гибкости производства $\Delta FC_{\text{гибк}}$;
- велики длительности исполнения сложных заказов $\{t(k)\}$;

– велики затраты на переналадку оборудования для исполнения индивидуальных заказов $h^{\text{см}}$, что сокращает фактический размер премии за индивидуальность исполнения изделий $\Delta p_k(t)$.

Все эти факторы могут привести к тому, что предприятие изберет традиционную стратегию массового производства изделий в базовой комплектации. Однако внедрение CALS-технологий, как было отмечено выше, позволяет существенно сократить время и стоимость смены поставщиков. Существенно меньшие сроки и себестоимости поставки изделий в сложных конфигурациях позволят формировать виртуальные предприятия для исполнения индивидуальных заказов и, как следствие, – сохранять конкурентоспособность и получать большую прибыль в условиях индивидуализации спроса. В настоящее время рынки авиаперевозок чрезвычайно нестабильны, а потребности авиакомпаний все более разнообразны. Авиакомпании все чаще заинтересованы не только в приобретении воздушных судов в индивидуальных комплектациях, но и в возможности оперативного изменения комплектации в ходе строительства воздушного судна (тем более что исполнение заказов на новые воздушные суда, в силу наличия очереди, может занимать несколько лет). Так, например, по данным компании «Boeing», внедрение принципов CALS позволило сократить срок финальной сборки пассажирского самолета семейства Boeing-737 до 11 суток. Сборка осуществляется из модулей, поставляемых субподрядчиками, расположенными как в США, так и за рубежом. Как отмечает руководство компании, это позволяет наиболее гибко удовлетворять постоянно меняющиеся в условиях изменчивого рынка авиаперевозок запросы авиакомпаний, касающиеся комплектации воздушного судна, компоновки салона, и т.п., и, как следствие, радикально повысить привлекательность и конкурентные качества продукции. Поэтому переход авиастроительных предприятий на гибкое удовлетворение срочных индивидуальных заказов может оказаться настоящим требованием рынка.

8.2.3. Экономическая эффективность применения CALS-технологий на стадии эксплуатации авиатехники

Поддержание бесперебойной эксплуатации авиатехники, обеспечение высокой экономической эффективности авиаперевозок и боеготовности военно-воздушных сил (ВВС) требуют развитой системы материально-технического (логистического) обеспечения эксплуатации и ремонта изделий. На стадии эксплуатации авиатехники технологии CALS также предоставляют предприятиям обширные благоприятные возможности. При наличии индивидуального информационного сопровождения эксплуатации каждого изделия, можно прогнозировать моменты съёмов, списаний, ремонтов деталей, узлов и агрегатов. Исходной информацией для такого

прогноза может служить план полетов парка авиатехники. Система учета и прогнозирования выработки ресурса должна быть интегрирована в систему материально-технического обеспечения эксплуатации и ремонта авиатехники. На рис. 8.2 изображена рекомендуемая схема информационных потоков в системе *интегрированной логистической поддержки* (ИЛП) эксплуатации и ремонта авиатехники (сокращения на рис. означают: АТБ – авиационно-техническая база, АТЦ – авиационно-технический центр, АРЗ – авиаремонтный завод, ВС – воздушное судно, АД – авиадвигатель, ЗИП – запчасти, инструменты, приспособления).

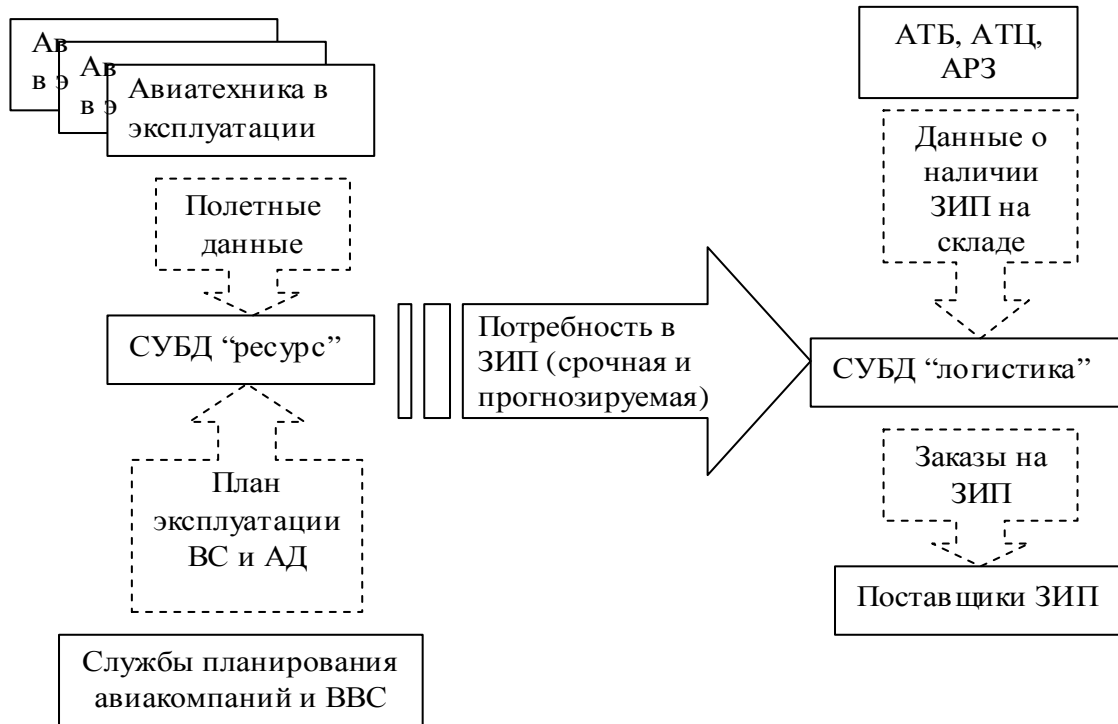


Рис. 8.2. Рекомендуемая схема информационных потоков в системе ИЛП эксплуатации и ремонта авиатехники

В результате организации системы ИЛП, функционирующей по предложенной схеме, появляются благоприятные возможности:

- сокращения затрат, связанных с пополнением и поддержанием потребных складских запасов узлов и агрегатов, сменных авиадвигателей, запасных частей, и т.п.;
- сокращения простоев воздушных судов и потерь, связанных с дефицитом сменных авиадвигателей и ЗИП, а также с недостатком мощностей исполнителей ТОиР.

Необходимо отметить, что система ИЛП, функционирующая по предлагаемой схеме, будет работоспособной лишь при условии обеспечения беспрепятственного информационного обмена эксплуатирующих организаций и поставщиков запчастей в реальном масштабе времени. Фактически, производитель иногда должен принимать к исполнению заказы на

изготовление и поставку запчастей, когда летательный аппарат, нуждающийся в замене деталей или узлов, еще находится в воздухе.

Внедрение ИЛП требует значительных затрат на разработку и внедрение технологической базы и организационное обеспечение. Поэтому ИЛП эксплуатации и ремонта авиатехники нуждается в научно обоснованной оценке экономической эффективности. Данная оценка может быть получена из следующих соображений. При отсутствии автоматизированного учета состояния каждого изделия в эксплуатации, точное значение потребности парка авиатехники в запчастях – даже для замены деталей, выработавших свой ресурс, – прогнозировать сложно (в силу обширности номенклатуры, и др.). Поэтому с точки зрения складского хозяйства и снабжения все потребные потоки запчастей рассматриваются как случайные процессы. Неопределенная потребность в запчастях для замены деталей, выработавших свой ресурс, требует поддержания дополнительного страхового запаса ЗИП, стоимость которого может оказаться сопоставимой с ценой самого изделия (т.е. на каждый летающий самолет или двигатель приходится, фактически, еще один – в виде запчастей, что порождает большие дополнительные затраты¹). Прогнозирование выработки ресурса элементов авиатехники уменьшает неопределенность потребного потока запчастей, а, следовательно, позволяет уменьшить размер необходимого страхового запаса. Трудно прогнозируемой остается лишь потребность в запчастях для замены отказавших или поврежденных в эксплуатации деталей. Теперь страховой запас необходим лишь для покрытия этой потребности. Анализ показывает, что сокращение страховых запасов ЗИП, а также соответствующих затрат и потерь будет наиболее заметным для современных изделий, обладающих относительно высокой безотказностью и долговечностью. Именно в этом случае, поскольку случайные отказы и поломки будут существенно реже плановой замены деталей и узлов, случайная потребность в ЗИП (требующая страховых запасов) сократится многократно.

Расчеты показывают, что благодаря более рациональному планированию материально-технического обеспечения, появляется возможность существенно, на десятки процентов, снизить потребный уровень страховых запасов, затрат на их поддержание и потерь из-за простоев авиатехники. Однако такое сокращение затрат и потерь получится лишь при условии, что еще до внедрения ИЛП проводилось рациональное планирование закупки и поставок ЗИП, хотя и на основе неполной информации. Но на практике оптимизация запасов и поставок во многих эксплуатирующих организациях не проводится. И нередко она начинается только с началом внедрения информационных технологий. Оценки показывают, что соответствующий реинжиниринг бизнес-процессов принесет существенно

¹ См. *Окулов В.* Для эксплуатации парка самолетов Ил-96-300 “Аэрофлот” должен иметь запасных частей на сумму более 1 млрд. рублей // сайт www.aviaport.ru, 28.08.2002.

большую экономию, чем собственно внедрение программно-аппаратных средств ИЛП. Здесь проявляется еще одна важнейшая особенность экономики информационных технологий. Иногда их внедрение (разумеется, добросовестное) становится катализатором перехода к более рациональным бизнес-процессам, что приносит многократно больший экономический эффект, чем само по себе использование программно-аппаратных средств и предоставляемых ими возможностей.

8.2.4. Экономическая эффективность применения CALS-технологий – общие соображения

Как показал проведенный выше анализ применительно к конкретной отрасли авиапромышленности, CALS-технологии позволяют оптимизировать бизнес-процессы на протяжении всего жизненного цикла авиатехники, а значит, снизить в условиях обостряющейся борьбы на конкурентных рынках:

- длительность предпроизводственных стадий ЖЦИ и риск ее увеличения,
- стоимости (издержки) всех стадий ЖЦИ, а также риск изменения этих стоимостей.

Время выхода новой продукции на рынки, стоимость ЖЦИ и риск ее изменения являются важнейшими показателями конкурентоспособности. Следовательно, оценки экономической эффективности CALS на различных стадиях ЖЦИ показывают, что использование CALS-технологий позволяет повысить конкурентоспособность отечественной авиапромышленности в современных условиях, а также качество выпускаемой авиатехники и оказываемых услуг при её эксплуатации, сократить издержки производства.

Сама же интегральная оценка экономической эффективности CALS-технологий на всех стадиях ЖЦИ авиастроения может быть выражена через интегральные показатели конкурентоспособности продукции и предприятий.

В табл. 8.2 приведены оценки экономической эффективности CALS на различных стадиях ЖЦИ авиационной промышленности. Оценки получены путем экономико-математического моделирования, а также обобщения статистики стран-лидеров в области внедрения CALS-технологий.

Экономическая эффективность CALS-технологий в авиационной промышленности

Этап ЖЦИ	Организационные мероприятия	Ожидаемый эффект	Экономическое измерение эффекта	Условия проявления эффекта (технические, экономические, и др.)
Маркетинг и внешнее проектирование	Согласование параметров проекта со всеми участниками ЖЦИ на основе имитационного моделирования ЖЦИ	Повышение точности прогнозирования спроса, себестоимости и сроков создания новой продукции; повышение точности прогнозирования прибыли (например, при сокращении разброса прогнозов спроса на 10 %, разброс прогнозов прибыли сокращается на 30–50 %); снижение вероятности рыночного провала проекта; возможность оптимизации технических и стоимостных параметров проекта на ранних этапах ЖЦИ	Повышение ожидаемой прибыли; сокращение риска реализации проектов создания новых изделий	Ориентация предприятия на удовлетворение потребностей потенциальных заказчиков, активная маркетинговая политика

Этап ЖЦИ	Организационные мероприятия	Ожидаемый эффект	Экономическое измерение эффекта	Условия проявления эффекта (технические, экономические, и др.)
Рабочее проектирование и ТПП	Переход к безбумажной технологии проектирования и ТПП изделий	Сокращение стоимости (на 10–30 %) и длительности (на 40–60 %) предпроизводственных стадий ЖЦИ; сокращение риска непредвиденного увеличения длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ благодаря сокращению объема переделок и доработок на 25–75 %	Повышение доли рынка (а, возможно, и достижение монопольного положения на рынке), и, как следствие – ожидаемой выручки и прибыли предприятий; повышение инвестиционной привлекательности авиастроительных предприятий (как за счет увеличения доходов и сокращения начальных вложений, так и за счет сокращения сроков окупаемости проекта)	Исключение неавтоматизированных процедур из процессов документооборота
Серийное производство	Организация виртуальных предприятий с гибким составом агентов	Сокращение себестоимости и дефектности продукции (даже при наличии проблемы смежников); удовлетворение индивидуализированного спроса благодаря сокращению срока изготовления изделий в индивидуальной конфигурации (в финальной сборке самолетов – до 10 суток)	Повышение ожидаемой выручки авиастроительных предприятий в условиях изменчивого индивидуализированного спроса; сокращение себестоимости авиатехники; как следствие – повышение ожидаемой прибыли авиастроительных предприятий и сокращение риска ее изменения	Достижение порогового уровня гибкости организационных структур предприятий; наличие конкурирующих предприятий-поставщиков комплектующих изделий и производственных услуг

Эксплуатация и послепродажное обслуживание	Организация интегрированной логистической поддержки, в т.ч., системы автоматизированного прогнозирования и планирования потребности в запчастях и сервисных работах	Сокращение потребных страховых запасов запчастей, сменных авиадвигателей, резервных мощностей по ТОиР и др.; сокращение длительности простоев воздушных судов в исключительных случаях – до 1 суток, при замене большинства видов деталей – до обычной длительности транзитного ТО	Сокращение затрат на поставку и содержание запасов деталей и узлов, а также потерь эксплуатирующих организаций из-за простоя воздушных судов (в 3-5 раз за счет реорганизации системы МТО, и на 40–60 % – за счет внедрения технических средств)	Высокая надежность изделий (долговечность и безотказность); обеспечение свободного информационного обмена
---	---	--	--	---

8.3. Технологические и организационные аспекты PLM-управления жизненным циклом продукта

8.3.1. Основные положения

В целостном виде функции CALS реализуются, прежде всего, информационными системами класса PDM/PLM, Product Data/Lifecycle Management, т.е., системами управления данными об изделии, или управления ЖЦИ. Понятие “управление жизненным циклом изделия” (Product Lifecycle Management, PLM) иногда может быть истолковано, как синоним термина CALS или его “гражданский” вариант. Следует признать, что в данной сфере наблюдается обилие терминов и терминологическая путаница. В зависимости от контекста, термин “управление жизненным циклом” используется, чтобы подчеркнуть разные аспекты: важность отслеживания и поддержки продукта вплоть до вывода из эксплуатации, управление ресурсом (увеличение срока службы авиатехники, например при переоборудовании бывшего в эксплуатации пассажирского ВС в грузовой самолет), управление конфигурацией изделия, использование безбумажных технологий разработки и подготовки производства, и др.

Система PLM позволяет реализовать стратегический бизнес-подход, применяющий согласованный набор бизнес-решений по поддержке коллективного процесса разработки, управления, передачи и использования информации об изделии от создания концепции изделия до его утилизации, и реализованный в рамках виртуального предприятия на основе интеграции людей, процессов, бизнес-систем и информации. Он позволяет

эффективно решать взаимосвязанные задачи управления требованиями, составом изделия, конфигурацией изделия, а также повышения качества и сохранности информации как составляющей интеллектуальной собственности компании, включая обеспечение эффективного доступа к информации и повышение уровня управления информацией о продукте на протяжении всего жизненного цикла.

При построении единого информационного пространства проекта (ЕИП) нужно учитывать, что сегодня в мире продолжается массовая информатизация производств и систем управления, обусловленная следующими факторами:

- формированием датацентрических (основанных не на документах, а на файлах данных) баз данных о конфигурации изделия, сроках наработки, состоянии и износе техники, качестве продукции и производственных процессах;
- возможностью получения необходимых данных в удобном формате для принятия управленческих решений и развитием способов управления активами предприятия (например, распространением ТОиР по техническому состоянию) и систем управления (повышения производительности труда и снижения количества персонала);
- резким усложнением систем мониторинга и диагностики сложных промышленных продуктов;
- переходом к компьютерному проектированию объектов (также с повышением производительности труда).

Одним из важных достоинств цифровых технологий на основе CALS является возможность обеспечения параллельного инжиниринга (см. гл. 3.2) при разработке продукта. При отсутствии ЕИП появляются нестыковки, поскольку участники разработки системы действуют в ситуации неполной информации: о целевой системе и ее текущем (или прогнозируемом далее по жизненному циклу) состоянии; о действиях и целях друг друга; об ожиданиях пользователей и систем в операционном окружении уже развернутой для эксплуатации системы.

Популярную в прошлом десятилетии аббревиатуру CALS сегодня вытесняют новообразованные термины, например, российское название "система управления жизненным циклом" (СУЖЦ). Слово «система», как правило, включает не только программное обеспечение PLM, но и все, что используется «вокруг» системы – методы работы, роли участников, применяемый инструментарий. В ряде случаев не используют аббревиатуру PLM, так как в крупных проектах используется несколько информационных систем, которые требуется интегрировать, в случае разработки авиатехники, например набор CAD/CAM /ERP /EAM/ CRM и др. В то же время, PLM-решение не есть сумма отдельно взятых CAD/CAM/CAE/PDM/ERP решений, а комплексный подход для управления процессом создания и сопровождения продукта. Типовой набор PLM-функций включает:

1. Управление составом изделия;

2. Управление документами проекта;
3. Управление изменениями конструкции;
4. Управление потоками работ в процессе;
5. Управление доступом сотрудников к разным частям проекта;
6. Управление отдельными пакетами проекта;
7. Поддержку производства;
8. Поддержку эксплуатации.

Посредством PLM пользователи должны управлять тремя разнородными типами данных: о продукте, о технологических процессах и о располагаемых ресурсах предприятия. Внедрение PLM-системы связано с изменением культуры проектирования и производства.

Современный заказчик требует полного электронного трехмерного описания поставляемого объекта с полномасштабным моделированием процессов, есть фактически поставщик должен поставить два объекта: то

реальный и идентичный ему виртуальный для дальнейшего его использования в процессе управления жизненным циклом реального объекта. Это особенно актуально для объектов с длительным жизненным циклом, для обеспечения обслуживания продукта, сохранения и приумножения знаний.

Весь интегрированный объем информации об изделии можно классифицировать в соответствии с этапами его ЖЦ, например:

– *конструкторские данные об изделии* – набор данных, порождаемых в процессе проектирования и разработки изделия, содержащий сведения о составе изделия, его геометрических моделях, компонентах и их технических характеристиках, об их отношениях в структуре изделия, ЭМИ (электронный макет изделия), сертификационные данные, о результатах расчетов и моделирования, допусках на изготовление деталей и т.д.;

– *технологические данные об изделии* – совокупность данных, порождаемых на стадии технологической подготовки производства. Содержит материальные спецификации, сведения о способах изготовления и контроля изделия и его компонентов в процессе производства (в том числе входного контроля покупных изделий и материалов). Включает описание маршрутных и операционных технологий, норм времени и расхода материалов, управляющие программы для станков с ЧПУ, данные для проектирования приспособлений и специального режущего и мерительного инструмента и т.д.;

– *производственные данные об изделии* – комплект данных, порождаемых в процессе производства, содержащий сведения о статусе конкретных экземпляров изделия и его компонентов в производственном цикле; перечни ПКИ, цепи и графики поставок, данные по их монтажу (во времени и пространстве), последовательность сборки компонентов и финальной сборки изделия;

– *данные о качестве изделия* – специальные данные, порождаемые при выполнении всех видов контроля, содержащие сведения о степени ответственности конкретных экземпляров изделия и его компонентов заданным

техническим требованиям, техническим условиям, требованиям стандартов и других нормативно-технических документов;

– *логистические данные об изделии* – набор данных, порождаемых в процессе проектирования и разработки, содержащий сведения, необходимые для интегрированной логистической поддержки изделия на постпроизводственных стадиях ЖЦ;

– *эксплуатационные данные об изделии* – руководства по эксплуатации и обслуживанию, другие данные, порождаемые в процессе проектирования и разработки, содержащие сведения, необходимые для нормальной эксплуатации, организации обслуживания, ремонта и других действий, обеспечивающих работоспособность изделия. Включает в себя интерактивное электронное техническое руководство по эксплуатации и ремонту (ИЭТР).

На этапах проектирования ВС конструкторы работают с *электронным макетом изделия, ЭМИ*. Компьютерное проектирование (САД) сопровождает процесс работы над продуктом от концепции до программ станков ЧПУ. Сначала разрабатывают геометрический макет будущего изделия и размещают внутри макета ключевые узлы конструкции, опираясь на требования и пожелания своих клиентов. Геометрия, принципы конструкции и модель размещения узлов в пространстве создаются и вырабатываются практически одновременно (процессы конструирования идут параллельно). Электронный макет изделия ЭМИ содержит трехмерную модель изделия и возможность ее реалистичной визуализации (впервые системы виртуальной реальности были применены для конструирования самолета А-380). Моделирование возможного распределения масс по корпусу изделия, нагрузок, широкого спектра свойств будущего самолета (в том числе аэродинамических качеств, устойчивости, дальности полета и пр.) позволяет уже в начале проектирования устранять из рассмотрения заведомо неподходящие варианты и определять наиболее перспективные. Такая методика позволяет существенно экономить средства авиастроителей.

К геометрическим моделям изделий прилагаются каталоги типовых и стандартизованных элементов конструкции. Они могут быть представлены для всех узлов и деталей, например листовые детали, фрезеровки, композиционные детали, элементы обвязки, трубопроводы и электрооборудование, крепежные кронштейны и т.п.

Трехмерный электронный макет изделия не только уточняет геометрию деталей, он дает уверенность в корректности проектирования изделия в целом, выполнении интегральных управленческих и функциональных требований или ограничений (стыковки, отверстия, требования по зазорам и допускам, параметризация), определяет логику создания сложного продукта.

Для успешного внедрения ЭМИ примерный план может включать следующие пункты (но не исчерпываться ими):

1. Создание правил электронного документооборота с участием макета.

2. Определение содержания (наполнения) цифрового макета для разных этапов работ (проект, производство, эксплуатация).

3. Планирование создания цифрового макета, и работы с ним (анализ макета, расчётные задачи).

4. Распределение ресурсов по задачам работы с макетом.

5. Определение потоков работ проекта (workflow), «путей согласования» документов при работе над макетом.

6. Выбор и закупки исходного программного обеспечения и необходимой конфигурации оборудования для поддержки макета в круглосуточном режиме.

7. Написание регламентов работы на макете для разных групп сотрудников.

8. Подготовка программ тренингов и обучение разных групп работников.

9. Организация отдела ИТ поддержки макета, библиотек стандартных элементов, систем хранения и копирования данных, прав доступа к макету.

10. Создание регламентов работы внешних организаций с цифровым макетом.

11. Разработка правил конвертации данных (при необходимости) между различными программными продуктами и их проверки.

12. Определение персон, ответственных за построение макета и поддержание его качества.

PLM-системы распространяют понятие цифрового макета на все стадии ЖЦИ. Основным понятием в данной сфере является *информационная модель* (ИМ). Расплывчатая постановка задач информационного моделирования часто рождает непонимание их ИТ-специалистами. Так, существует понятие «Автоматизированная система: система, состоящая из персонала и комплекса средств автоматизации его деятельности, реализующая информационную технологию выполнения установленных функций (ГОСТ 34.003-90)». Можно найти в ISO определение понятия «Информационная модель: Формальная модель ограниченного набора фактов, понятий или инструкций, предназначенная для удовлетворения конкретному требованию (ГОСТ Р ISO 10303-1-99. Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными)». В стандартах РФ есть и другая трактовка «Информационная модель: совокупность данных и отношений между ними, описывающая различные свойства реального объекта, интересующие разработчика модели и потенциального или реального пользователя (ГОСТ 2.053-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная структура изделия. Общие положения)».

Авторы полагают, что уместно употреблять термин «Единая информационная платформа (ЕИП)». В главе 0 было указано, что организация Единой информационной платформы является средством улучшения

коммуникации команд программы, а также повышает качество работ, ускоряет процессы принятия решений, служит для хранения и общего доступа всех значимых документов и чертежей проекта. Два варианта структуры ЕИП – в зависимости от назначения – показаны далее, рис. 8.3. и 8.4.

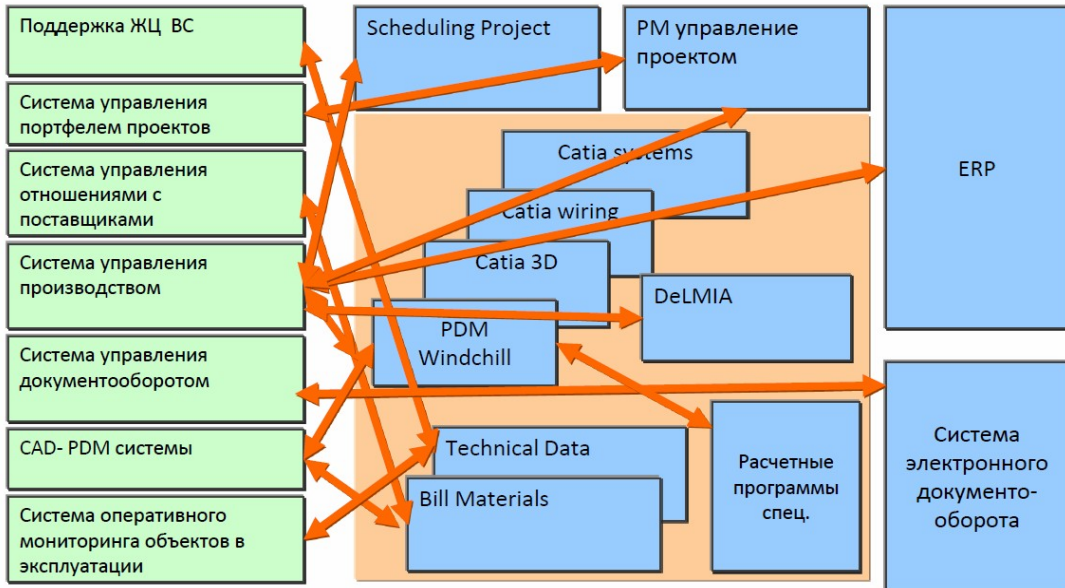


Рис. 8.3. Внутренняя ЕИП компании-интегратора проекта ВС (головного разработчика ВС)

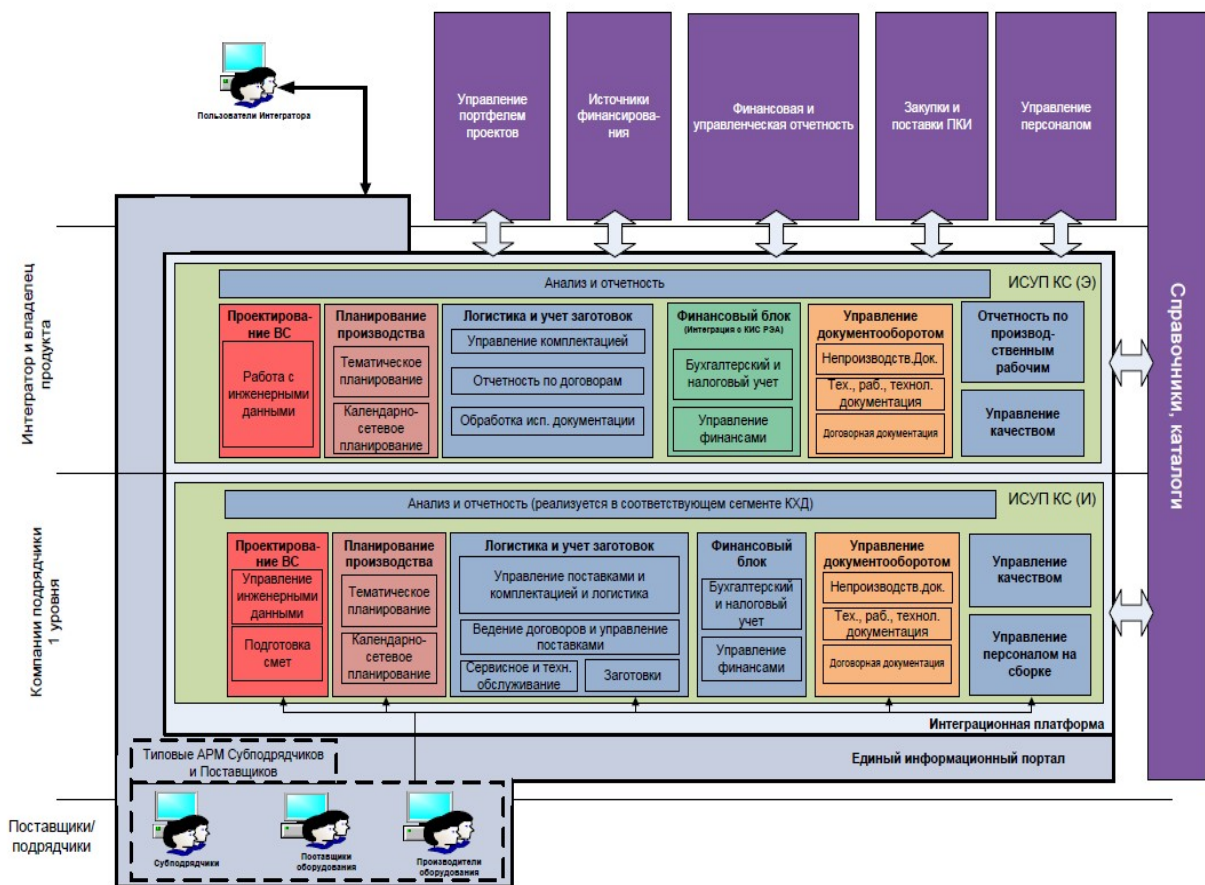


Рис. 8.4. ЕИП управления производством самолета (включая подрядчиков)

Элементы информационной модели самолета в ЕИП включают:

- Данные об изделии или объекте производства и их ЖЦ (далее - Информационная модель, ИМ);
- Организационные процессы (далее – Регламенты);
- Совокупность программно-аппаратных средств (далее – Система).

Исходя из анализа технических требований на ИМ самолета с позиций жизненного цикла, можно выделить следующие интегрированные между собой задачи, которые предлагается решить:

- Проектирование и сертификация базового продукта;
- Организация труда конструктора, класс ИТ – CAD/CAM/CAE.
- Организация производства на основе гибких кооперационных и горизонтальных производственных связей, класс ИТ, технический документооборот;
- Управление производством, включая управление проектами в рамках вертикальных связей, класс ИТ – ERP и часть CRM;
- Создание автоматизированной системы управления жизненным циклом, универсальная технология управления ЖЦ продукта.

Такой состав задач позволяет генерировать информационную модель (ИМ) в виде отдельного продукта, или набора сервисов основной системы.

Основные пользователи ЕИП, инженеры, формулируют свой взгляд на задачу информационного моделирования, который сегодня может выглядеть примерно так. ЕИП компании-интегратора – это не система, не информационная модель, а скорее Интранет (внутренняя сеть, содержащая максимум необходимой информации для деятельности компании). Интранет можно разделить на 3 базовые части:

1. ИМ летного образца самолета (поддержка ЖЦ, CALS, PLM+ERP, и др.) – подробнее о ней говорится ниже.

2. Данные по управлению проектом, включая весь набор информации, увязанный во времени и пространстве: документооборот, план и графики, НИОКР, проект, изготовление, сборку, заказ комплектующих, инжиниринг серийного производства, экономика и финансы, коммерческие данные: бизнес-цепочки поставок, информация совместных предприятий по производству компонентов, эксплуатации, обслуживанию и ремонту, и др.

3. Базы данных: нормативные документы и стандарты ГОСТ и ИСО, сертификация в РФ и за рубежом, инженерные справочники, базы комплектующих, база знаний, технологическая информация (результаты НИОКР, патенты, книги, лекции, презентации, статьи и др.), новости и др.

Информационную модель самолета (пункт 1 выше) можно представить в виде нескольких компонент, согласно этапам ЖЦ:

- ИМ1 конструкции (PLM).
- ИМ2 производства самолета, т.е. автоматизированная выдача спецификаций оборудования для заказа ПКИ, технологическая производственная документация, относящаяся к компании-интегратору или чисто

производственным поставщикам (без проектных работ), отработка технологии передачи данных от интегратора к поставщикам, организация удаленного доступа и др.

- ИМ3 системы подготовки производства компонентов и частей у подрядчиков (САМ/САЕ). У компании-интегратора она нужна в кратком варианте, т.е. только справочные данные для контроля процессов: трудоемкость, материалоемкость, стоимость, график поставки и др.

- ИМ4 управления проектом изготовления и сборки (увязанные графики, заказы, закупки, логистика поставок ПКИ, финансы и др.).

- ИМ5 экономики и управления собственно программы компании-интегратора, типа ERP (документооборот хозяйственный, финансы, сметы, договоры с поставщиками), включая базы данных (в первую очередь, закупочных), а также портал общего информационного доступа с разделением прав (заказчики, потенциальные клиенты, обслуживающие службы, просто интересующиеся и др.).

Важным свойством многоуровневой ИМ является возможность выделения ее актуальной части для передачи очередному пользователю, и дальнейшая поддержка обновлений переданного архива, включая копии, проданные отдельным заказчикам.

Базовым элементом ИМ является хранилище всех вышеописанных и других данных. Архитектура современных PLM-систем обычно предполагает место интеграции данных. Сегодня используют понятия «репозиторий» (место, где хранятся актуальные данные), или "распределенный репозиторий", т.е. не хранилище, а некий каталог ссылок, по которым можно перейти в локальные хранилища данных.

Примерный набор баз данных ВС может включать, например, такие разделы.

1. Архитектура ВС:

- конструктивно-технологическое определение изделия;
- применяемые принципы проектирования;
- архитектура систем для выделения пакетов работ;
- планы развития продукта.

2. Мастер-геометрия:

- базовая геометрия фюзеляжа ВС;
- объемы занимаемого пространства;
- детальный 3Д ЭМИ (электронный макет).

3. Данные анализа конструкции:

- результаты расчетов на прочность;
- эксплуатационные характеристики изделия;
- весовой анализ;
- анализ систем жизнеобеспечения;
- сертификационные требования;
- анализ себестоимости продукции.

4. Производственные данные:

- план производства ВС;
- графики поставок ПКИ;
- логистика сборки изделия.

5. Данные для ППО:

- регламенты по эксплуатации и обслуживанию;
- технические публикации;
- логистика поставок запчастей и спецификации.

6. Материалы Бизнес-проекта:

- планирование;
- финансы;
- стратегия продвижения продукта;
- каталог опций для Заказчика;
- контрактные данные (конфиденциально).

Например, электронная модель изделия, используемая в компании Airbus, включает в себя шесть представлений изделия: модели его архитектуры, геометрии, анализа, производства, сопровождения и контроля качества, а также бизнес-модель. Кроме того, электронная модель изделия включает иерархическое описание данных. Самый верхний уровень — жизненный цикл изделий, далее идут типы изделий (например, модификации самолетов), описания технических характеристик отдельных типов, потом описания сборочных блоков, их свойств и изображений и т.д. Для каждого компонента (блока, агрегата, детали) формируется подробная информация по всем шести представлениям («разрезам») электронной модели:

- в каких узлах используется;
- из чего состоит;
- где, кем, как, в какие сроки этот компонент должен производиться;
- каков бизнес-план разработки и производства;
- каковы затраты;
- когда и как его следует заменить согласно программе технического сопровождения, и пр.

Спектр данных, хранящихся в электронной модели изделия, непрерывно расширяется, обеспечен защищенный доступ к данным, добавляют модели расчетов электрооборудования, весовых характеристик и др. Основные усилия прикладываются в области совершенствования структурирования данных, а не на создание новых их типов. Строго говоря, в структуре данных об изделии хранятся не сами данные, а ссылки на них и структура отношений, взаимосвязей между данными. Для визуализации структуры данных используется так называемый демонстратор. С его помощью обеспечивается детализация информации с нужным уровнем подробности, выбор любого из шести представлений, просмотр данных, в том числе трехмерных моделей изделия.

Электронная модель изделия применяется на всех стадиях управления его жизненным циклом: проектирования, сертификации, ресурсных испытаний и пр. Она обеспечивает эффективный поиск информации об изделии и его компонентах, позволяет выделить в отдельные подмножества данные различных типов (наборы требований, данные проектирования, бизнес-данные), облегчает обмен данными об изделии, снижает время и стоимость разработки, уменьшает количество ошибок и, самое главное, помогает быстрее выводить на рынок новые продукты. Вспомним, что преимущества электронного документооборота позволяют быстро извлечь и использовать любые данные, что на бумаге сделать часто бывает затруднительно. Технология ИМ строится на принципе «одного окна ввода», т.е. данные вводятся один раз и распределяются по всем необходимым ячейкам автоматически, что позволяет избежать ошибок дублирования и нестыковок между приложениями. Обработка документации ведется посредством организованных потоков информации (workflow) с автоматически исполняемым путем согласований между компьютерами и отслеживанием статуса документа.

PLM-система поддерживает развитие продукта на разных уровнях.

На уровне ЭМИ:

- Управление структурой продукта (организация пакета РКД и последовательность его выпуска в производство).
- Интеграция ЭМИ.
- Визуализация ЭМИ в конфигурации, утвержденной на текущий момент.
- Доступ проектных команд, определяемый приоритетами (в т.ч. с внешними подрядчиками) и уровнями, к ЭМИ.

На уровне промышленных процессов:

- Управление процессами изменений (на этапе разработки или адаптации к Заказчику).
- Утверждение и приложение разных конфигураций к требованиям заказчика.
- Связь с системами управления предприятием более высокого уровня (ERP и т.п.).

В число наиболее сложных вопросов создания, поддержания и применения электронной модели изделия входят использование данных в процессе глобального управления конфигурацией, визуализация данных, а также поддержка единого словаря в рамках виртуального производственного объединения.

8.3.2. Управление конфигурацией продукта

Управление конфигурацией (составом ВС) предполагает сбор актуальной информации о состоянии системы, из множества возможных вариантов (какие особенности у конкретного ВС, какие из требований были отклонены, а какие утверждены). Эти данные позволяют обеспечить поддержание надлежащей конфигурации системы по всем этапам её жизненного цикла. Применяется для технических средств, программного обеспечения, материалов изделия, технической документации.

Управление конфигурацией является частью управления жизненным циклом (УЖЦ) ВС. Управление конфигурацией включает базовые данные (baseline) – утвержденный состав изделия. Обычно обеспечивается наличием конфигурационной базы данных и административными процедурами по её ведению. Учёт включает в себя, в том числе и административные процедуры по назначению ведущего учёта (регистратора), передаче ведения учёта от регистратора регистратору, делегированию полномочий по учёту в порядке распределенной учётной деятельности и т.д. Ведется контроль версий. Управление конфигурацией не только позволяет проследить историю изменений версий, но и немедленно организовать необходимые полноформатные изменения, включая таковые в сопрягаемых деталях или системах.

Управление конфигурацией является процессом контроля документов и чертежей, связанных с продуктом или системой, и физической и функциональной конфигурации. Программы Управления конфигурацией обеспечивают уверенность Заказчика, что производство, эксплуатация, техническое обслуживание и тестирования физического объекта ведутся в соответствии с требованиями, выраженными в проектной документации. Важная задача программы управления конфигурацией заключается в том, чтобы обеспечить точную информацию, в соответствии с физическими и эксплуатационными характеристиками ВС, в поддержании норм летной годности в одной из самых регулируемых отраслей в мире.

Изменение в проекте – это модификация ранее согласованных продуктов и услуг, сроков исполнения и стоимости работ, управленческих и технологических процессов и т.п. Анализ сведений о предыдущих инцидентах показывает, что значительное число событий произошло в результате ошибки в области контроля и поддержания конфигурации физического объекта, ошибки в проекте или изменениях проекта, неадекватных мер по исправлению положения, недостаточного документирования несоответствий. На этапе поставки проводится доработка ВС под требования Заказчика, ВС приобретает индивидуальные особенности, что отражается в формуляре. Далее при эксплуатации необходимо учитывать особенности конфигурации объекта.

Основная задача системы управления конфигурацией – постоянно контролировать соответствие между требованиями, физической конфигурацией ВС и документацией, в том числе в процессе эксплуатации.

В целом, управление конфигурацией состоит из пяти основных задач:

- Планирование: решения на уровне управления конфигурацией, необходимые в каждом отдельном проекте.
- Идентификация: уточнения и выявления всех документов/компонентов конечного продукта.
- Контроль: разрешить только уполномоченным лицам вносить изменения в документы, и, в соответствующих случаях, получать разрешение регулирующих ведомств и властей.
- Состояние бухгалтерского учета: учет и отчетность о всех текущих и архивных документах по проектам.
- Проверка: обеспечить, чтобы положения документов соответствовали зарегистрированным в файлах библиотеки (электронного архива).

В систему управления конфигурацией (УК) включают ряд элементов:

- Управление программой внедрения УК ВС;
- Проектные требования, которые нужно выявить, документировать, поддерживать в актуальном состоянии, связать со структурой данных проекта (структуры, системы, компоненты - SSC);
- Управление информацией (бумажной и электронной) о физической конфигурации и проектных требованиях;
- Управление изменениями – соответствие физической конфигурации и информации о конфигурации ВС проектным требованиям. В этих пунктах необходимо строго следовать утвержденным процедурам.
- Анализ для эффективного поддержания связи между проектными требованиями, физической конфигурацией и информацией о конфигурации ВС;
- Обучение и тренинг. Персонал, осуществляющий процесс управления конфигурацией, должен быть обучен, пройти тренинг по работе с информационной системой и на тренажере.

Создание эффективной системы управления конфигурацией (изменениями) в производстве ВС имеет важное значение для обеспечения того, чтобы процессы осуществлялись надлежащим образом. Необходимо, чтобы культура управления конфигурацией присутствовала на всех уровнях управления в организациях-участниках создания авиатехники.

Необходимость системы управления конфигурацией на всех стадиях ЖЦИ, вплоть до его полного завершения, обусловлена следующим. Для многих типов ВС, особенно старых, могут возникать следующие проблемы:

- Документация рассеяна, даже содержащая важную информацию;
- Основные принципы работы элементов не являются легко доступными и иногда были утрачены;
- Оригинальные "ноу-хау" не доступны для использования ныне работающим персоналом;
- Были внесены изменения в физические компоненты ВС, однако совокупное воздействие этих изменений не было рассмотрено;

- После нескольких лет эксплуатации, модификации, а также технического обслуживания, менеджмент проекта не имеет уверенности в том, что объем документации отражает фактическое состояние ВС.

Существуют две группы элементов в системе Управления конфигурацией (изменениями): связанных с ИТ и не связанных с ИТ. ИТ-компоненты включают программы планирования ресурсов предприятия (такие, как SAP и т.п.), паспорта техдокументации, инструменты управления проектированием (PDM и др.), электронные средства управления документами, инженерные средства программного обеспечения, коммуникационных систем и баз данных. Основные функции этих систем – обеспечивать скоординированное управление процессами, безопасный контроль инженерных изменений, позволяющих быстрее и легче получить доступ к информации о конфигурации, а также обеспечить интеграцию соответствующих функций, таких, как закупки, контроль качества, логистики, бухгалтерского учета и т.д. Не связанный с ИТ элемент связан с человеческими аспектами функционирования этой системы, которые включают в себя управление и передачу знаний, культуры работы, эффективной координации и контроля и т.д.

Следующие шесть позиций принципиальны для успешного осуществления управления конфигурацией объектов. Каждая позиция должна быть учтена при формировании общего подхода к Управлению конфигурацией (изменениями), и адаптирована к специфике объекта.

1. Управление Программой

Расстановка приоритетов, прямой и косвенный контроль за разработкой и осуществлением Управления конфигурацией (изменениями) для объекта.

2. Требования к конструкции

Создать документ, сохранять и сообщать требования, связанные со структурой объекта, систем и компонентов.

3. Управление информацией

Выявлять и управлять информацией о конфигурации, связанной с физической конфигурацией и проектными требованиями.

4. Контроль Изменений

Цель внесения изменений состоит в том, чтобы поддерживать соответствие между требованиями, физической конфигурацией, и объектом конфигурации. Степень уверенности, необходимой для конкретного изменения, должна быть пропорциональна значимости безопасности, сложности и экономическим последствиям возможных ошибок.

5. Оценка

Определить потребности управления конфигурацией (изменениями) объекта и оценить, насколько эффективны основные связи между требованиями, физической конфигурацией объекта и информацией о конфигурации, поддерживаемой в настоящее время. Оценка должна проводиться на всех этапах жизненного цикла объекта и относиться к конечным продуктам, а не программам.

6. Учебные цели

Цель управления конфигурацией (изменениями) при подготовке персонала заключается в том, чтобы обеспечить надлежащие гарантии, что персонал имеет правильное видение понятий, терминов, определений и процедур управления конфигурацией (изменениями), требуемых владельцем, а также в состоянии надлежащим образом выполнять свою работу таким образом, чтобы организация могла достичь целей управления конфигурацией (изменениями).

План управления конфигурацией является частью плана качества проекта. В идеале план управления конфигурацией (изменениями) должен быть создан с помощью менеджера по каждому проекту или с использованием существующих шаблонов.

План управления конфигурацией (изменениями) должен определить:

- как и где хранятся документы;
- безопасность и уровни доступа;
- как документы и их варианты будут определены;
- кто несет ответственность за управление конфигурацией.

Существуют три основных этапа контроля документа:

- Представление продукта: когда документ достиг состояния, в котором он может быть поставлен под управление конфигурацией (в соответствии с планом управления конфигурацией), он должен быть принят в конфигурации с помощью библиотеки в установленном порядке.

- Выпуск продукции: мастер-комплекты документов в идеале должны быть сохранены в конфигурационной библиотеке и копии должны быть выданы. Однако, если документ должен быть выдан кому-то, то должна быть составлена соответствующая учетная запись.

- Выдача копий продукта: Все копии должны быть выданы библиотекарем конфигурации и должны быть четко маркированы как копии - они также должны быть проведены по учетным процедурам выдачи, чтобы только актуальные документы использовались в работе.

Могут возникать проблемы при организации распределенной разработки, где каждая из участвующих в проекте компаний имеет собственные предпочтения по управлению конфигурацией (кодировки, учётные регламенты, обозначение версий и т.п.). На управление конфигурацией на различных уровнях могут влиять различные факторы – ментальные, правовые и т.д. Некоторые примеры влияния человеческого фактора приводятся ниже.

Кадровая миграция или выход на пенсию

Последствия, связанные с миграцией персонала, являются проблемами передачи знаний. Требуется на случай миграции работника создавать документы, содержащие информацию, которая потенциально может быть утеряна.

Понимание происхождения процедур и модификаций

Если документация недостаточно точна, существует риск ненадлежащего действия. Например, если инструкция говорит о том, что дверь в каби-

ну при данной операции должна быть оставлена открытой, но она может быть ранее закрыта по ошибке. Если происходит событие, подпадающее под нарушенную инструкцию, могут быть непредвиденные последствия.

Принятие изменений

Реакция персонала, когда реализуются новые технологии, новый процесс или новая организация процесса, может стать препятствием для эффективного управления конфигурацией.

Утверждение культуры соблюдения норм летной годности

Принципы культуры безопасности имеют большое значение для осуществления эффективной программы управления конфигурацией. Персонал должен осознать, что ненадежные данные могут оказать негативное воздействие на безопасность ВС. Они должны создавать и сообщать достоверную информацию, а также проверять ее с использованием надежных данных. Примером могут служить случаи использования «контрафактных» запчастей при ТОиР.

В целом, управление конфигурацией (изменениями) приводит к улучшению качества процесса принятия решений, более эффективному управлению жизненным циклом ВС.

8.3.3. Условия успешного внедрения системы PLM и ее преимущества

Успешное внедрение системы управления ЖЦ ВС предусматривает:

- Создание единой системы управления жизненным циклом изделия и бизнес-процессами на весь срок службы независимо от ИТ-инструментов;
- Внедрение ISO 15926 в качестве стандарта для передачи данных, как требование к ИТ-поставщикам;
- Создание единой информационной среды, которая объединяет всех участников процесса, где реализуются процессы проектирования, испытаний, производства, эксплуатации;
- Управление данными и управление конфигурацией между модулями Информационной модели, включая интерфейсы, показанные, например, на рис. 8.3, и т.д.;
- Создание единой базы данных (знаний), в которой отображается образ каждого ВС, информация о текущем состоянии всех ВС;
- Обмен данными между поставщиками оборудования (данные оборудования, эксплуатация и ТО);
- Передачу "виртуального ВС" владельцам;
- Анализ потребностей владельца/операторов по эксплуатации и техническому обслуживанию ВС;
- Контроль пригодности данных ИМ на протяжении срока службы ВС (20–30 лет).

Управление разработкой сложных систем в любой современной компании осуществляется на основе триады: сквозных бизнес-процессов, отработанных и утвержденных методик и регламентов, а также соответствующего инструментария. Основой для управления жизненным циклом

является архитектура системы. Управление требованиями, планирование работ, управление конфигурациями, управление изменениями применяют после декомпозиции системы (разбиения сложной архитектуры на кубики).

Важным элементом PLM (который только начинает использоваться в практике создания отечественной авиатехники) является управление потоками работ (Workflow Management). Это автоматизация процедур, в которых документы и информация передаются между участниками процесса в соответствии с заданным набором правил для достижения конечной цели процесса в режиме автоматизированных процессов технического документооборота в PDM-системе, например, процесса разработки и согласования технологической документации. Такой процесс позволяет отслеживать продвижение документа по заданному маршруту и его статус до постановки на архивный учет.

В табл. 8.3-8.5 приведены краткие выгоды применения PLM на разных стадиях жизненного цикла ВС.

Таблица 8.3

Достоинства PLM-фаза проекта

<i>Область</i>	<i>Описание</i>	<i>Преимущества</i>
Визуализация	Для отработки процессов сборки и модульности	Прозрачный процесс проектирования Эффективность сборки
Координаты деталей и коллизии	Размещение в пространстве, устранение коллизий	Нет ошибок проекта Ниже стоимость проекта Меньше проблем при сборке
Анализ проекта	Импорт-экспорт данных из 3Д	Быстрее расчеты Качество обмена данными Ниже стоимость проекта
Графики поставок	Генерируются автоматически из 3Д, связи к закупкам, проектным данным	Меньше занятого персонала Быстрее оценка стоимости
Кол-ва ПКИ	Генерируются автоматически из 3Д	Полнота данных, точнее прогнозируются затраты
2Д чертежи	Генерируются автоматически из 3Д	Быстрое производство чертежей Пространственно увязаны детали, узлы и агрегаты
Связи с документами проекта	Переход к любому связанному документу (модулям, спецификациям, извещениям об изменении и др.)	Легче доступ к проектной информации Лучше управление Эффективное проектирование
Сертификация	Гибкость подачи информации к аудитории	Увеличивает уверенность регуляторов Прозрачность обоснований и расчетов
Эффективность проекта	Моделецентрический подход обеспечивает повышение качества и интегрированное принятие решений	Выше эффективность проектирования Удовлетворенность Заказчика Меньше проблем при сборке

Таблица 8.4

Достоинства PLM-фаза производства

<i>Область</i>	<i>Описание</i>	<i>Преимущества</i>
Пакеты работ	Технические Требования, Тендеры, управление подрядчиками	Информация правильная, полная, соответствующая реальности, ниже риски
План производства и сборки	Детали планирования через 3Д данные и визуализацию	Улучшение понимания работ Лучше данные для руководства Развитые тренинги
Логистика	Проработка 3Д доставки, подготовки и сборки компонентов	Улучшение планирования цепочек поставок Снижение сроков выполнения работ
Управление ошибками	Максимальное устранение в 3Д возможных ошибок сборки	Меньше потерь на переделки Лучше исполнение графика
Этапы оплаты контрактов	Мониторинг платежей согласно факту исполнения	Прозрачность процессов Меньше контрактных споров
Уверенность по работам	Полное инфодосье на проект и операции	Прозрачность для службы качества Улучшение взаимодействия участников
Управление изменениями	Управление конфигурацией (изменениями) в полном объеме	Высокое качество документов для передачи Ниже стоимость изменений

Таблица 8.5

Достоинства PLM-фаза эксплуатации

<i>Область</i>	<i>Описание</i>	<i>Преимущества</i>
Управление эксплуатацией	Интерактивные электронные руководства ИЭТР	Эффективное управление Легкий доступ к высококачественной документации
ТОиР	Моделирование работ и управление конфигурацией	Качество проекта, безопасность, Ниже стоимость управления
Нахождение любых деталей	Показано на 3Д модели	Ниже стоимость подготовки персонала
Конфигурация	Инфомодель содержит необходимую информацию конкретного ВС	Существенное снижение затрат на работу с Заказчиком
Управление знаниями	Инфомодель содержит необходимую информацию по проекту, производству, сборке, эксплуатации ВС	Использование для подготовки кадров, при передаче прав собственности
Наработка на ресурс компонентов	Инфомодель включает необходимую информацию и порядок работ	Безопасная эксплуатация Ниже затраты на мониторинг

Сегодня главные проблемы внедрения информационного моделирования связаны с человеческим фактором. Это обучение собственных сотрудников и партнеров, освоение ими методик параллельного конструирования в процессе работы. При освоении надо построить среду информационного взаимодействия между участниками процесса.

Одна из проблем параллельного конструирования при использовании большого числа команд конструкторов заключается в том, что не все пользователи имеют в своем распоряжении одинаковые ИТ-средства. Но основная техническая проблема все же не в многообразии инструментария, а в обеспечении обмена информацией между системами. Сейчас активно разрабатывается стандарт ISO15926, который обеспечивает стандартный словарь и описание обмена данными между разнообразными системами в течение жизненного цикла продукта.

Разработка регламентов и бизнес-процессов параллельного компьютерного проектирования являются затратным процессом по времени и по средствам. Внедрение таких методик не менее трудоемко.

8.4. Анализ практического опыта внедрения CALS-технологий в авиастроении

Упомянутый ранее демонстрационный проект ENHanced AeroNautical Concurrent Engineering (ENHANCE) в начале 21 века был использован Airbus для отработки технологий проектирования авиатехники на качественно новых принципах. Главное внимание было уделено требованиям авиакомпаний, так как потребности заказчиков лежат в основе проектирования новой техники. Общие трудозатраты на проект составили около 3 200 человеко-месяцев. Координация проекта велась через Тулузу, штаб-квартиру Airbus.

Предмет проекта: конструирование авиатехники с учетом возможностей ее производства, технической поддержки и сертификации; управление бизнес-процессами параллельного конструирования, в том числе логистическими цепочками и контрактами; технологическая, методическая и кадровая поддержка взаимодействия множества команд, расположенных в разных точках Европы; инфраструктура для быстрого, точного и защищенного управления данными; оценка методов и средств, разработанных в ходе экспериментов на предприятиях отрасли; наконец, доведение информации о результатах исследований до исполнителей.

Главная цель проекта: поиск и определение новых путей разработки летательных аппаратов на основе параллельного конструирования и новейших ИТ для поддержки всего жизненного цикла авиатехники внутри «расширенного предприятия» – сложной бизнес-структуры, состоящей из множества команд, участвующих в процессе создания авиатехники и объединенных под общим управлением.

Ключевые три понятия программы: расширенное предприятие, параллельное конструирование, средства САПР и управления жизненным циклом изделий. Средства ИТ играли роль инструмента, обеспечивающего не только собственно конструирование новых образцов авиатехники, но и взаимодействие внутри виртуальных производственных объединений. В качестве основных ИТ-инструментов, реализующих принципы CALS, европейскими авиастроителями использовались три продукта: CATIA – система автоматизированного проектирования и производства (CAD/CAM), разработка компании Dassault Systems (ее коммерческое продвижение и внедрение обеспечивает IBM), ее же ENOVIA и система WindChill корпорации PTC – инструментарий управления данными об изделии (PDM). CATIA применяют для конструирования изделий на основе требований заказчиков, определения процессов сборки изделия, интегрированного управления знаниями, ENOVIA, WindChill – для управления конфигурациями, интеграции партнеров и поставщиков, координации проектирования и производства, осуществляемых на множестве географически распределенных площадок, для управления изменениями на стадии разработки изделия.

Базовые принципы проекта ENHANCE предусматривали гармонизацию процессов и методик внутри авиастроительной индустрии, использование ИТ для их поддержки, а также опору на стандарты, де-факто существующие в авиаиндустрии и других отраслях промышленности.

Основные цели были разбиты по девяти основным направлениям (читатель увидит набор упомянутых ранее позиций):

- управление проектом и обеспечение качества работ;
- конструирование изделий;
- модель жизненного цикла и бизнес-управление;
- технологии и методологии для расширенного предприятия;
- интеграционные и практические аспекты параллельного конструирования;
- полезные и поучительные практические примеры бизнес-реализаций;
- информационные технологии;
- сопровождение и поддержка;
- распространение и использование знаний и опыта.

Много внимания уделялось и вопросам эффективного совместного использования знаний, в частности организации доступа к хранилищу информации, повторного использования «ноу-хау», построения процесса непрерывного обучения сотрудников через Internet, оптимизации обмена данными, документирования различных методов и пр.

Исходной для интеграции работ является информационная платформа. Переработка существующей документации в трехмерный вид занимает много времени и денег (даже если нанять аутсорсеров по минимальным

ценам). Недавно Airbus завершил проект грузового самолета A330-200GMF на базе серийной модели (полетел в 2010 г.). Была поставлена задача переделать хороший пассажирский самолет (сделанный в 2Д чертежах из CADD5 до использования ЭМИ в проектировании) в грузовой. Пассажирский вариант продолжали выпускать, и унификация максимального числа деталей была оправдана экономически. Однако, переделка с использованием цифровых технологий вылилась в перерасход запланированных времени и средств. Одной из причин было нечетко сформулированное задание на проект. Предполагалось выполнить в 3Д только новые детали и те, что затронуты при переделке. Однако, отсутствие четких критериев разделения привело к тому, что постепенно объем переделок в 3Д приблизился к 70 % деталей структуры (при запланированных 30 %).

Кроме того, имеются трудности при интеграции разнородных программных средств различного назначения (так, при проектировании используют конструкторское программное обеспечение, программы для управления проектом, в т.ч. для работы с графиками, финансово-экономические программы, технические регламенты, документы ТЗ и системы качества и др.). По опыту компаний SAP и ORACLE в сфере консалтинговой деятельности и интеграции прикладного ПО, можно отметить, что интеграция разнородных систем (в особенности, систем CALS с системами верхнего уровня управления предприятиями, ERP и т.п.), далеко не полностью удается даже лидерам авиастроения на Западе. При этом программы внедрения ИТ с использованием новейших ИТ-инструментов требуют огромных затрат даже по меркам крупных зарубежных компаний. Поэтому появились стандарты ISO/TS 10303-1033:2004, ISO 15926 обмена данными.

Несмотря на большое внимание, уделяемое в настоящее время внедрению CALS-технологий в российской авиационной промышленности, на данный момент нельзя утверждать, что на большинстве отечественных авиастроительных или авиаремонтных предприятий концепция CALS успешно внедрена в той степени, которая дает экономический эффект, превышающий затраты на внедрение концепции. Необходимо подробнее проанализировать недостатки организации процесса разработки и внедрения CALS-технологий в отечественной авиационной промышленности. Их можно систематизировать, разделив на две группы – «технологические» и «организационные».

1) Неполный охват информационными технологиями жизненного цикла авиатехники и неполная интеграция информационных систем на разных стадиях ЖЦИ

Реализация принципов CALS возможна лишь в случае комплексного внедрения информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла продукции авиастроения. Полномасштабное внедрение CALS, ИТ и других современных инструментов подразумевает, что:

- Все бизнес-процессы проектирования, производства, эксплуатации и послепродажного обслуживания выстроены в едином ключе, регламентированы шаги процессов и процедуры информационного обмена, сквозной набор стандартов, необходимых на всех стадиях жизненного цикла.

- Все участники процесса разработки продукта обмениваются сходными данными и результатами работ в параллельном инжиниринге 24 часа в сутки посредством ЭМИ в ЕИП.

- Производственные процессы разрабатываются на основе данных ЭМИ, с известными регламентами адаптации чертежей под технологические процессы.

- Логистика поставок базируется на едином подходе к производственным процессам, документированных интерфейсах, современных автоматизированных технологиях крупноузловой сборки.

Можно перечислить следующие проблемы реализации описанных системных подходов на предприятиях наукоемкого машиностроения (в т.ч. авиастроения) РФ:

- Отсутствует ряд стандартов, регламентов процессов, словаря и описаний, содержащих важнейшие понятия методологии реализации процессов системной инженерии и жизненного цикла объектов.

- Медленно внедряется электронный документооборот проектной и конструкторской документации, т.е. переход от «документо-центрического» подхода к «дата-центрическому», когда стандартная для всех участников ЖЦ база данных обеспечивает на любой стадии ЖЦ вывод в удобном формате необходимой для принятия решения информации, изменение данных на одной из стадий ЖЦ выполняется в режиме «он-лайн (online)» т.е. немедленно доступно остальным участникам процесса УЖЦ. В частности, на большинстве предприятий результаты расчетов в электронном виде не полностью интегрированы в модель типового проекта, а часть рабочих данных хранится на персональных компьютерах расчетчиков и невозпроизводима при их миграции.

- Необходима, но далеко не везде имеется электронная («оцифрованная») документация, т.е. 3D-проект, включая рабочую и технологическую документацию, управление комплектацией и поставками, графики для управления процессами сборки ВС во времени.

- Не построена система управления знаниями, содержащая необходимые руководства для выполнения тех или иных видов проектных работ.

- Медленно осваивается технология современной сборки на «чистой площадке», бесстапельной сборки ВС крупноблочно, так как требуется существенная переработка как сборочной документации, так и производственных процессов по комплектующим, поставляемым на сборочную линию.

- Требуется проведение испытаний и функциональное опробование оборудования при сертификации на основе типового процесса и разработанных типовых требований к нему, что снизит сроки и стоимость процессов.

В то же время, объемы проводимых в России работ в области CALS-технологий и накопленного научно-технического задела резко различаются на разных стадиях жизненного цикла изделий. Наибольшее внимание в нашей стране традиционно уделяется вопросам автоматизации рабочего проектирования изделий, в связи с чем, в широких кругах специалистов и руководителей предприятий термины “CALS” и “САПР” (система автоматизированного проектирования) воспринимаются практически как синонимы, что принципиально неверно. Уже на следующей стадии жизненного цикла изделий – на стадии технологической подготовки серийного производства – объем научного задела в России гораздо ниже. Здесь следует отметить, прежде всего, пионерские для нашей страны работы МАТИ и НИЦ АСК по созданию стандартов описания, методов математического моделирования и оптимизации технологических процессов в авиа- и ракетостроении¹. Эти работы направлены на создание отечественных автоматизированных систем управления технологической подготовкой производства (АСУ ТПП). Такие системы позволяют автоматизировать технологическую подготовку производства авиационной и космической техники с применением обрабатывающих центров с числовым программным управлением (ЧПУ).

Что касается этапа эксплуатации и послепродажного обслуживания авиатехники, это наименее исследованная в нашей стране стадия жизненного цикла. Как отмечал проф. А.Г. Братухин², “анализ программно-технических средств на предприятиях авиастроения, проведенный НИЦ АСК, показал, что там вопросы эксплуатации техники сегодня неприоритетны и составляют не более 3 %”. Отдельные авиастроительные предприятия в России в инициативном порядке создают собственные системы мониторинга технического состояния и контроля выработки ресурса парка изделий в эксплуатации, интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) для эксплуатирующих организаций и ремонтного персонала, и т.п.³ Однако создаваемые изолированным образом системы могут оказаться несовместимыми с информационными системами других предприятий (как конкурентов, так и партнеров – участников ЖЦИ). При этом может нарушаться один из базовых принципов ИПИ – технологий: единые стандарты представления информации, обеспечивающие единство информационного пространства. Отметим также, что создание и последующая поддержка (на 20–30 лет) ИТ-систем индивидуального пользования обходится весьма дорого, поскольку заказчик такой системы в полной мере

¹ См. www.nicask.ru и книгу

Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

² См. Братухин А.Г. CALS – стратегия развития наукоемкого авиастроения // Военный парад, № 3, 2006, с. 78-81.

³ См. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

несет все постоянные издержки, которые для тиражируемых продуктов распределялись бы на множество клиентов.

Следует учитывать, что в остальном мире само понятие продукции авиационной промышленности отличается от того, которое до сих пор принято в отечественной практике и укоренилось в менталитете специалистов (преимущественно, старшего поколения, весьма квалифицированных в своих предметных областях). В современном понимании, продукция отрасли включает в себя не только изделия (летательные аппараты и авиадвигатели), но и весь комплекс услуг на протяжении жизненного цикла (послепродажное обслуживание до полного вывода изделия из эксплуатации). При этом на долю этапа эксплуатации, как известно, приходится половина и более суммарной стоимости ЖЦ (что определяет уровень доходов сервисных компаний, сравнимый с доходами поставщиков самих изделий, и целесообразность интеграции производства и сервиса) летательных аппаратов и авиадвигателей¹. Поэтому продажу авиатехники образно называют “контрактом на всю жизнь”. Фактически, в настоящее время производитель продает не само по себе изделие, а весь его жизненный цикл. Недопонимание этого факта привело к существенным недостаткам в сфере послепродажного обслуживания воздушных судов и авиадвигателей российского производства, и, в конечном счете, к низкой конкурентоспособности продукции отечественного авиастроения не только на внешних рынках, но и на внутреннем рынке.

2) Недостаточный учет организационно-экономических аспектов

Согласно статистике, только треть IT-проектов разработки и внедрения информационных систем завершается успехом. В большинстве случаев создается малоэффективная автоматизированная система. По тем же данным, семьдесят процентов неудачных проектов стали таковыми потому, что не был четко определен конечный результат. В высокотехнологичных производствах речь должна идти в первую очередь о постановке процессов и регламентов управления на корпоративном уровне, с последующей автоматизацией этих процессов. Цели автоматизации лучше формулировать в бизнес-критериях, тогда можно получить критерии успеха проекта, по которым можно оценивать конечные результаты.

Основное внимание в научных разработках и в практической деятельности, проводимой в российской промышленности в области ИПП-технологий, уделяется именно техническим аспектам – созданию и внедрению программно-аппаратных средств. В то же время, внедрение CALS-технологий принципиально неверно воспринимать лишь как тотальную автоматизацию традиционных процессов маркетинга, разработки, подготовки производства и серийного производства, эксплуатации,

¹ См. Клочков В.В. Организация конкурентоспособного производства и послепродажного обслуживания авиадвигателей / М.: Экономика и финансы, 2006 – 464 с.

мониторинга, технического обслуживания и ремонта. Создание информационных систем на предприятии должно следовать за реорганизацией, как бизнес-процессов – *реинжинирингом*, так и организационных структур – *реструктуризацией*, с учетом новых возможностей, предоставляемых этими системами. В противоположном случае, по выражению известного специалиста в сфере информатизации управления предприятиями проф. Г.Н. Калянова¹, автоматизация “подобна асфальтированию дорожек, по которым вообще не следует ходить”. Помимо создания технических средств, эффективное внедрение CALS – технологий в авиационной промышленности требует, как показано в разных разделах этой книги, организационных изменений в структуре и функциях отдельных подразделений авиастроительных и ремонтных предприятий, эксплуатирующих организаций, и даже изменений в сфере правового регулирования. Поэтому CALS-технологии – не столько технический, сколько организационно-экономический феномен.

Российские ученые и инженеры активно развивают средства поддержки жизненного цикла продукции (CALS -системы). Однако имеется явный перекос в сторону ИТ специалистов, хотя оптимальная последовательность должна выстраиваться с постановки задачи инженерами, внедрения регламентов системной инженерии инженерами, и только потом следует приступать к организации программной поддержки решений ИТ-службами.

Так как бизнес оплачивает расходы на ИТ, он имеет право ожидать определенных результатов, например, получать ИТ-услуги, участвовать в бизнесе и взять на себя роль лидера. При этом ИТ-специалисты часто видят со своей стороны только первые слова этого предложения: «предоставлять ИТ-услуги». При реализации проекта необходимо:

- вовлечь ИТ-специалистов в обсуждение новой программы действий ИТ и бизнеса, причем, на языке бизнеса;
- научить их думать на языке бизнеса, оставаясь при этом в сфере ИТ;
- четко определить критерии качества, предъявляемые бизнесом к ИТ.

Сегодня во многих случаях ИТ-специалисты сетуют на бизнес, который убежден, что они обходятся слишком дорого, и под этим предлогом не позволяет проводить жизненно важную модернизацию, тем самым вынуждая их поддерживать устаревшие технологии, которые в конечном итоге обходятся еще дороже. Бизнесмены, в свою очередь, не видят практической выгоды от затрат на переход «с версии программного обеспечения XXX 4.2 на версию XXX 5.3».

ИТ-специалисты предпочитают заниматься разработкой ИТ-систем, не слишком заботясь о том, приносят ли эти системы бизнесу те выгоды, ради которых создаются. Бизнес хочет, чтобы ИТ-службы согласовывали

¹ См. *Калянов Г.Н.* Консалтинг при автоматизации предприятий / М.: СИНТЕГ, 1997 – 316 с.

свою деятельность с его потребностями на всех уровнях: стратегическом, тактическом и операционном, чтобы приносить бизнес-результаты. Необходима программа совместных действий, написанная на языке бизнеса. Внедрение отдельных приложений составляет только часть полной ERP-интеграции всех бизнес-процессов. В одной из Российских компаний планированием, закупками и управлением ресурсами ТООР занимаются 3 практически независимых департамента.

К сожалению, как в отечественной научно-технической литературе, так и в практической деятельности российских предприятий пока чрезвычайно редко встречается взгляд на CALS, как на целостную стратегию бизнеса, которая становится преобладающей в зарубежном высокотехнологичном секторе экономики.

Еще раз напомним, что для получения практического эффекта от ИТ необходима синергия пяти технологий, показанных в гл. 0, и ключевая роль здесь должна принадлежать подготовке кадров, см.гл. 9. В ряде российских ВУЗов авиастроительного и машиностроительного профиля (МАИ, МАТИ, МГТУ им. Н.Э. Баумана, МГТУ “СТАНКИН”, МАДИ, РГАТА им. П.А. Соловьева, УГАТУ, КГТУ им. А.Н. Туполева, БГТУ, и др.) началась систематическая подготовка специалистов, нацеленных, прежде всего, на разработку средств и методов CALS, стандартов представления информации. Серьезной методологической проблемой на пути внедрения ИПИ-технологий остается необходимость создания адекватных математических моделей изделий и процессов на протяжении их жизненного цикла. Как справедливо отмечает ряд специалистов¹, разработка математической модели самолета или авиадвигателя, а также адекватной экономико-математической модели его жизненного цикла является не менее сложной задачей, чем разработка самого изделия. При этом, никто, кроме специалистов предметной области – конструкторов, технологов, инженеров по эксплуатации, отраслевых экономистов, и т.п. – не владеет достаточной информацией об особенностях продукта и его жизненного цикла. Поэтому учебные курсы по CALS-технологиям включаются в ВУЗах и в программы подготовки специалистов инженерного, управленческого и инженерно-экономического профиля. Им, а не только специалистам ИТ-служб предприятий (как принято считать традиционно), предстоит заниматься управлением жизненным циклом продукции авиационной промышленности.

¹ См. Колчин А.Ф., Овсянников М.В., Стрекалов А.Ф., Сумароков С.В. Управление жизненным циклом продукции / М.: Анахарсис, 2002 – 304 с.

ГЛАВА 9. УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ И КАДРОВЫМ ПОТЕНЦИАЛОМ В АВИАПРОМЫШЛЕННОСТИ

К данной главе уместно будет английское вступление «Last but not least», в вольном переводе «Последнее по расположению, но не по значению...».

9.1. Квалификация персонала авиационной промышленности и проблема обеспечения преемственности кадров

Анализ кадровой ситуации в гражданской авиапромышленности РФ сегодня показывает (по признанию самих руководителей предприятий и их кадровых служб), что:

- а) строить самолеты по старинке уже некому;
- б) строить по-новому, с учетом современных технологий и требований – еще некому.

Среди основных проблем российского авиапрома (и других высокотехнологичных отраслей) часто можно услышать о проблеме нехватки кадров. Попробуем разобраться, относится ли это к российской специфике, разрыву поколений из-за периода стагнации, или есть другие факторы влияния.

Время от времени ностальгически повторяется сожаление о потере советской школы проектирования авиатехники. Как понимать этот тезис на современном этапе? Инженерные школы – понятие разностороннее и точно не формализовано. Традиции не всегда хороши при создании нового продукта. Должна ли школа подразумевать преемственность конкретных конструктивных решений? Единую систему обучения кадров? Или наличие общих подходов, которые проявятся и при создании существенно новых изделий? Каким может быть отступление от школы, осторожным или революционным, чем хорош выбор одного из этих путей?

Например, двигатели Д-20, Д-30, ПС-90 имеют некоторую общую базу, однако это не сказалось на сокращении времени доводочных работ. Двигатели СФ34-3, СФ34-8 похожи по конструкции, а СФ34-10 на них не похож, но период его разработки и выпуска в эксплуатацию оказался рекордно кратким. Можно ли рассматривать проект Як-42 как хорошую базу для создания самолета МС-21, и т.д. и т.п. С другой стороны, жесткая преемственность конструктивных решений может приводить к результатам, заслуживающим внимания. Так, в ОКБ им. Антонова был накоплен значительный опыт проектирования рамповых транспортных самолетов (в т.ч. с улучшенными ВПХ) по схеме «высокоплан», а далее по той же схеме были спроектированы пассажирские самолеты семейства Ан-148, рассчитанные на аэродромное базирование практически любого класса (правда, это требование при развитой в мире аэродромной инфраструктуре сегодня актуально не во всех регионах мира).

Инженерная школа, как субъект технологического развития, должна подразумевать активно работающий коллектив (чего многим российским КБ сейчас не хватает), делающий реальную продукцию, исправляющий ошибки, набирающийся современного опыта, и достигающий позитивных результатов. Процесс передачи опыта и способов разработки проблем из поколения инженерной школы в поколение, процесс становления инженерных школ существенно трансформируется со временем, скорости коммуникации, передачи знаний и разработки технологий растут.

К сожалению, вместо скрупулезной работы руководители отрасли РФ (в том числе, директора по персоналу верхнего уровня) предпочитают повторять, что кадровый кризис в ближайшей перспективе преодолен не будет и положение с научно-техническими персоналом в авиационных НИИ и КБ ухудшится. В ОАК, например, отказались от участия в проектной стадии всех предлагаемых международных инженерных программ (конвертация А-320 в грузовой вариант, неудачно просуществовавшая с 2007 по 2011 гг., риск-разделенное партнерство в программе А-350ХWB), т.е. от уникальной возможности быстрой и масштабной подготовки кадров на мировом уровне.

Попытаемся оценить фактами положение дел в российском авиаинжиниринге с точки зрения кадров.

Первый факт – неоднократно упоминаемые в дискуссиях успешные инженерные центры иностранных компаний в России от Боинга до Шлюмберге (оборудование для нефтяной отрасли), набранные из российских специалистов.

Второй факт – создание в наши дни полномасштабного двигателестроительного КБПР на ММПШ «Салют» в 1999 г. Команда стремительно прошла путь от полного неприятия окружающими самой идеи построения КБ в короткие сроки до существенного пакета выполненных НИР и ОКР, в т.ч. с прохождением ГСИ модернизированным АЛ-31, поставкой в Китай больших партий двигателей АЛ-31ФН, в кратчайшие сроки доработанных и «привязанных» к ВС с использованием моделирования на базе ЭМИ (сроки и технология работ произвели большое впечатление на зарубежного заказчика) на китайский однодвигательный истребитель. Успешно сформирован и активно трудится работоспособный, вооруженный современными ИТ-средствами и методами, коллектив, в котором удалось сплавить опыт и молодость, соединить вместе представителей нескольких школ российского двигателестроения. Ряд ветеранов отрасли в возрасте «за 70 лет» освоили компьютерные работы в системе 3D моделирования и далее с ЭМИ. Отметим, что своими внедренными работами коллектив за первые 6 лет окупил первичные затраты на его создание.

Третий факт (сравнительный) – компания GE (авиационные двигатели) сетовала еще в 2005 г., что в инженерном сегменте количество людей, стаж работы которых на фирме составляет 5 лет и более (достаточное время для изучения менталитета и опыта компании), упало к 50 % отметке,

что составляет критический порог начала утери технологий. Кроме уже используемой системы управления знаниями (см. далее) были введены должности для пенсионеров (приглашение на год, не более одного по направлению) с целью организации передачи опыта. Отсюда можно заключить, что кадровые проблемы инжиниринга существуют в разных странах.

Кстати, дефицит квалифицированных кадров был и во времена СССР. Например, в 80-е годы прошлого века у авиадвигателистов Перми были трудности в проектировании компрессоров – не воспитали ярких специалистов. Тогда же в Самарском СНТК каскады трехвального компрессора три бригады удачно проектировали каждая по своим методикам. Великолепное сопло с отклоняемым вектором тяги создали конструкторы ОКБ «Лялька-Сатурн» в середине тех же 80-х гг., и т.д.

Примеры показывают, что у нас есть достаточное количество опытных и молодых талантливых инженерных кадров, которые следует загружать интересными задачами и перспективой карьерного роста в рамках предприятия, сопровождая последовательным обучающим процессом (с использованием системы управления знаниями). Необходимо планирование карьеры для каждого сотрудника. В лучшем случае он преодолеет все ступени продвижения вверх и полностью выразит себя в профессии, в худшем – несколько лет проработает с пользой для себя и компании (что тоже немаловажно). При этом должна обеспечиваться экономическая целесообразность карьерной программы специалиста для компании и уровень зарплаты, сравнимый с вышеупомянутыми инженерными центрами (все они самокупаемы в качестве российских юридических лиц, т.е. ссылки на несравнимость платежеспособности не работают).

Были надежды, что сборительством и развитием кадров займется ОАК. Там начали с выполнения типовых стажировок и реализации некоего подбора резерва руководящих кадров (они тоже нужны, но основа кадровой политики фокусируется на исполнителях среднего звена, на тех, кто каждодневно влияет своей работой на исполнение программ). Однако весьма спорно, в свете кадровой политики ОАК, выглядит отказ от предложений зарубежных фирм участвовать в реальных инженерных работах в рамках международной кооперации. При этом одновременно планируется спроектировать в сжатые сроки лайнер мирового уровня МС-21, однако реализуемость этих планов во многом определяется именно кадрами, подготовленными к работе по мировым стандартам.

К сожалению, сегодня в РФ психологический климат в авиапромышленности таков, что мало желающих терпеливо осваивать секреты профессии конструктора. Очевидно, что создание авиатехники это творчество, высокотехнологичное творчество, коллективное интеллектуальное творчество. Но выпуск авиатехники включает только 5 % творчества, на 95 % это четко организованный тяжелый труд ремесленников высочайшей квалификации. Заработки и творческие успехи даются каждодневным напряжением сил и решением рутинных проблем (они везде и всегда есть).

Нынешняя ситуация такова, что из-за резкого падения в РФ количества полноразмерных новых разработок наличие для конструирования одной-двух реальных тем в год приводит к заметной недогрузке традиционного самостоятельного КБ, как следствие, к проблемам с зарплатой, разочарованию в профессии (не так часто выпадает шанс поработать над рождением хорошего самолета, потому что поколение техники живет 30–50 лет). Объединение в один конструкторский центр для ОАК на сегодня вполне возможно в режиме удаленного доступа и использования преимуществ работы в разных временных поясах (реальные примеры можно видеть в тех же Boeing, Airbus, General Electric с их системой инженерных центров по миру).

Широкое вовлечение в общую работу талантливых инженеров из Воронежа и Самары, Казани и Иркутска, Комсомольска на Амуре и Новосибирска (в каждом из этих городов основные карьерные возможности в авиации сегодня связаны, как правило, с развитием по производственной специализации) позволит решить две задачи одновременно. Во-первых, наличие интересной конструкторской работы по месту жительства притормозит миграцию молодежи в инженерные центры зарубежных компаний в Москве. Во-вторых, активный естественный отбор позволит поднять производительность и качество работ в ОАК на новый уровень. Кстати, пример GE с центрами в Мексике, Турции, Польше, Китае, Индии и др. показывает всемирную эффективность продуманной методики подготовки кадров для самого разнообразного спектра работ. Какие-то команды специалистов нужны в ходе сертификации, и далее при доработках в серии, а большинство конструкторов требуется на небольшой период программы разработки нового проекта. То же с обменом специалистами – так, например, компетенция по проектированию дверей различного уровня (пассажирских, грузовых, боевых люков) вполне может быть общей для каждой из типовых программ (приблизительно, на все программы ОАК достаточно 3–6 чел.). Проблема опять же в построении управления. Сейчас интеграция КБ необходима, чтобы хотя бы сохранить минимум знаний, при экономически рентабельной модели.

Разгонять и набирать КБ неэффективно, поэтому за рубежом также сформировалось некоторое число авиационных инженерных центров, специализированных на конкретных задачах проекта (Labinal, France; Spirit Aerospace, Inc., USA; MTU, Germany; AVIO, Italy). Завоевав определенную репутацию на поставке узлов и компонентов, они выполняют тематическую часть проектных работ для нескольких компаний–интеграторов, обеспечивая постоянную загрузку специфическому штату конструкторов. Обычно эти компании организуют также производственные мощности по той же тематике в рамках риск-разделенного партнерства, замкнутый цикл от проекта до поставки дешевле и для Заказчика.

Следует помнить, что европейские конкуренты работают 36 часов в неделю, что не мешает им выполнять заданные сроки.

9.2. Система подбора, обучения, подготовки и переподготовки кадров

Каждое крупное ведомство за рубежом (в США, например Министерство энергетики, Министерство обороны, NASA, FAA и др.) имеет свой справочник по системной инженерии (обычно доступен на Интернет-сайте ведомства), адаптированный к особенностям отрасли. Например:

- FAA http://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/operations/sysengsaf/seman/
- DoD <http://www.acq.osd.mil/se/pg/guidance.html>
- NASA <http://education.ksc.nasa.gov/esmdspacegrant/Documents/NASA%20SP-2007-6105%20Rev%201%20Final%2031Dec2007.pdf>
- DoE <http://cio.energy.gov/documents/SW-V3-G1-0902.pdf>
- ITS http://www.dot.ca.gov/newtech/docs/se_guidebook_ver1-12_14_05.pdf

При этом фирмы-исполнители государственных контрактов должны использовать при их реализации набор подходов и документов, приведенных в руководстве и доступных каждому. Таким нехитрым способом с одной стороны, ведомство требует стандартизации подходов к ведению сложных проектов, с другой - занимается непрерывным обучением исполнителей практическим аспектам системной инженерии. Т.е. в ведущих промышленно развитых странах мира выпускник ВУЗа или курсов по системной инженерии сразу попадает в практическую среду командной работы над сложным проектом, а не должен уговаривать руководителей предприятия работать по современным лекалам.

Система высшего образования в РФ пока (реформы, реформы!) не плохо справляется с базовым образованием молодых специалистов. При этом в существенной перестройке нуждается работа с кадрами в рамках предприятия.

Одним из важнейших требований к конструкторскому коллективу является его укомплектованность кадрами. Это означает, что на каждом от 25 до 70 направлений в КБ (например, для двигателистов это менеджеры, ведущие конструкторы по темам, термо- и газодинамики, тепловики, прочнисты из расчетчиков, конструкторы изделия в целом, всех узлов и систем, включая окончательную сборку, испытатели по направлениям, в т.ч. летным испытаниям, специалисты по САУ, процессам запуска, электро- и гидроагрегатам и др., служба качества, плановики, экономисты и т.д.) существует конкурентный и дееспособный коллектив, включающий грамотного руководителя темы, нескольких опытных специалистов по направлениям, и молодых инженеров, подпирющих каждого из вышеупомянутых сотрудников. В такой идеальной модели есть сплав молодости и опыта, идеологов и работоспособных мастеров, цепь передачи знаний. К сожалению, наличие большого числа КБ в СССР еще в 70-е годы привело к тому, что из-за невысокой загрузки уровень специалистов в них был

весьма неоднороден, имелись слабые звенья. С учетом современных реалий в зарубежной практике расширяется совмещение профессий, когда один специалист закрывает несколько тематических работ. При этом тем более необходимо стремиться при комплектации коллектива к идеальной модели, так как иначе отсутствие или потеря одного такого универсала чревато для фирмы прямыми убытками. Об управлении знаниями подробно сказано в п. 9.3, здесь же заметим, что необходимы подробные инструкции для каждого специалиста, включающие детали всего рабочего процесса: бизнес-потоки (от кого получают задания, как формируют исходные данные, кому передают результаты), технологии расчетов и конструирования, особенности использования ИТ систем предприятия, и др. Такой компьютерный «курс молодого бойца» не только отражает важные «ноу-хау» используемых на предприятии проектных методов, но и позволяет при необходимости быстро обучить специалистов на замену ушедшим.

Необходимо развивать вышеописанные современные компоненты организации инженерного труда. Важными являются мотивация, обучение и планирование карьеры для каждого сотрудника. Необходим доступ сотрудников к базе знаний (см. п. 9.3), интересные работы в рамках «личного творческого плана» (терминология 40-летней давности не устаревает).

Бывший сотрудник GE Д. Уилер, став преподавателем, написал любопытную статью «Инжиниринг – что Вам не преподавали в школе, или Жизненно важные вещи, отделяющие успех инженера от неудачной карьеры»¹. Автор ставит акценты для молодых специалистов.

«Чтобы выжить, необходимо:

1. *Учиться бизнесу*
2. *Быть готовым к решению трудных многопрофильных проблем*
3. *Уметь работать среди людей и компьютеров*
4. *Использовать свои отличия от других людей для достижения целей*
5. *Понимать культуру родной компании*
6. *Быть предельно честным*
7. *Добывать успех для руководителей*
8. *Получать удовольствие от работы*
9. *Наиболее важно – управлять своей карьерой».*

Добавим еще минимум типичных подходов к кадрам на Западе:

- Хорошо иметь рядом наставника (ментор) и лидера (чемпион). Первый подскажет совет, второй известит о Вас начальство и сделает Вам рекламу.
- Нельзя жить узким специалистом. Сейчас загрузка в компании, как правило, неравномерна. Необходимо изучать смежные вопросы, стать «жизнеспособным» в более широком круге инженерных вопросов.

¹ См. Proceedings of ASME/IGTI Turbo Expo 2003, GT-2003-38761, D.Wisler, Engineering – What You Don't Necessarily Learn in School

- Никогда не прекращать учиться – тренинги, интернет-курсы, конференции, спецжурналы, и др. чтобы освоить:
 - работу (чертежи, расчеты, ЕСКД, взаимодействие в отделах);
 - компьютер, IT инструменты и ЭМИ, а также локальные методики (прочност- NX, ANSYS, NASTRAN, конструктор, тепловик – Catia, NX, ANSYS, PATRAN, газодинамик – CFX и т.д.);
 - как функционирует производство (техпроцессы и новые технологии – покрытия, композитные и новые материалы, конвейерная сборка, циклы и сроки производства деталей, как работает деталь в конструкции, результаты испытаний и какие можно по ним делать выводы), система качества (стандарты ISO, статистические методы) и др.;
 - работу в команде для совместных взаимодействий в проекте;
 - управление проектами – график, последовательность задач, ресурсы, исполнение;
 - развить личные качества, в первую очередь честность, трудолюбие и обязательность;
 - и многое другое...

Где могут почерпнуть аналогичные полезные и краткие наставления российские специалисты? Одним из источников являются возможности международного разделения труда. Совет из интервью В.А.Кульчицкого, президента группы компаний «Прогрестех», успешно работающих с Boeing, Spirit Aerosystems и др.¹

«Индусы и китайцы обкладывают офсетамы всех поставщиков высокотехнологичной техники. Например, заключая контракты на поставку самолетов, индусы настаивают на передаче инженерных работ в Индию. В России же ничего подобного нет! Работая над проектом, мы бы многому научились и получили бы искомую компетенцию. Через 5–10 лет появится большое количество инженеров, которые знают, как надо делать современный продукт, которые участвовали в его разработке, которые приобщены к этому процессу».

Для повышения отдачи персонала, быстрого вовлечения молодых специалистов в рабочие процессы используется много способов. Например, в GE применяется циклическая система стажировки молодых специалистов. Новобранец, пришедший на фирму, направляется последовательно в 4 разных отдела по выбору, где он проводит на каждом из рабочих мест по 6 месяцев. По окончании стажировки сотрудник выбирает для последующей работы одно из освоенных мест, либо пятый вариант. Несмотря на то, что эффективное использование новичка фактически откладывается на 1,5–2 года, считается, что в период стажировки сотрудник лучше начнет понимать разнообразие направлений и общие задачи компании, а также успеет проявить свои положительные качества. Отметим, что в РФ давно используется практичная система прохождения преддипломной практики на будущем рабочем месте.

¹ См. <http://h30.n183.cust.dataforce.net/8417.html>

Одной из великолепно развитых сторон интегрированной компьютеризации деятельности компании GE является система электронных тренингов персонала. Построена она следующим образом. Разработан и непрерывно пополняется набор электронных курсов по разным направлениям (как общей деятельности, так и конкретного бизнеса). Это курсы по профилю, культура компании, обращение с документами, система качества, работа с подрядчиками, ИТ-инструменты, вопросы менеджмента, поведение на работе, экспортный контроль рабочих материалов, пользование интернетом, техника безопасности, использование рабочего компьютера в личных целях, и др. Через компьютер сотруднику на Интранет-сайте компании на личной учебной странице регулярно выпадает перечень необходимых тренингов и требуемые даты их завершения (обычно не менее месяца вперед). Он планирует даты проведения учебы, иногда требуется специальная запись в компьютерную очередь из-за большого количества одновременно тестируемых.

Тренинг построен по стандартной модели. Сначала сотрудник вспоминает или осваивает необходимый исходный материал, изучая презентацию, где приведена требуемая информация и даны типовые примеры. После того, как презентация прочитана (это можно сделать за один или несколько сеансов, можно повторить изучение презентации два-три раза в разные сеансы) и специалист готов к прохождению теста, он переходит к экзамену и получает на экране ряд вопросов по изученному материалу (обычно по системе выбора одного из 4 предлагаемых ответов на каждый из 10–20 вопросов). Время на ответы ограничено, но весьма мягко. По окончании теста сотруднику показывается суммарный результат с разъяснением правильных ответов. Если набрано 70 % и более, тест засчитывается и далее повторяется через какой-то плановый период времени – год или два. Если тест неудачен, его придется повторить, уложившись до требуемой даты (при этом вариантов теста несколько и попасть на повтор вопросов невозможно). В случае, если этого сделать в заданные сроки не удастся, вопрос углубленного обучения или дополнительного тренинга решается с менеджером по персоналу. Не вопрос наказания за недостаточную квалификацию, не снижения зарплаты, а решение задачи целенаправленного достижения сотрудником уровня, необходимого для успешной работы в компании. Количество таких тестов может достигать на сотрудника до 30–50 в год в зависимости от специализации и уровня. Работа с заданиями также учитывается при аттестации сотрудника.

Измеримым критерием веса и важным инструментом повышения квалификации сотрудника является его матрица навыков. Для каждой технической специальности в компании имеется табличный набор необходимых компетенций сотрудника (в контексте аналогичный по смыслу нашим должностным инструкциям). В матрице в строке каждого сотрудника указан набор уровней владения по перечню навыков на текущий момент.

Типовая градация включает три ступени – начальный уровень (1 балл), базовый (2 балла), продвинутый (3 балла). Эта матрица, в частности, используется при формировании команды конкретного проекта с учетом набора требований, выдвигаемых к данной работе. Развернутая характеристика сотрудников позволяет на основе матрицы определить необходимое число тренингов для успешного выполнения работ. После прохождения тренингов, директор по персоналу отмечает их успешное завершение в той же матрице. Так же, как и в электронном экзаменаторе, необходимо подтверждать уровень навыков периодически, раз в два – три года. Эти же данные можно использовать при аттестации.

Не менее важным является наличие у сотрудника данных, необходимых для работы в коллективе, команде проекта. Эти умения также заносятся в соответствующую матрицу (пример прилагается в приложении П 1.4), они должны регулярно пересматриваться, сотрудники могут проходить рекомендованные директором по персоналу тренинги этого раздела. Совокупность объективных характеристик каждого инженера дает возможность руководству планомерно продвигать более талантливых и умелых, а также ликвидировать пробелы в трудовой биографии каждого члена коллектива, чтобы повысить личную и командную эффективность работ. Следует отметить, что ставка делается как на продвижение самых талантливых, так и на повышение среднего уровня сотрудников.

Одним из приемов обучения является назначение конструктора по совместительству на такие позиции как «проверяющий по выпускаемым чертежам» или «помощник менеджера по качеству» в данной команде. Это должности временные, рассчитанные на неполную загрузку, при этом сотрудники периодически проходят инструктаж по данным вопросам, лучше понимают требования к выпускаемой документации, учатся принимать меры по систематическому снижению количества ошибок в работе команды, повышению качества продукции.

Обучение входящих в компанию новичков также проводится по четкому сценарию. Сотрудник получает рабочий план на 3 месяца испытательного срока, частью которого является обязательный набор презентаций (распорядок работы, применяемые инструменты, организация работ) и тренингов по основным инструментам и технологиям компании, назначается наставник из числа опытных работников. По окончании 3 месяцев проводится аттестация по результатам и принимается решение о прохождении испытательного срока (или непрохождении). Далее еще три месяца сотрудник выходит на стандартный уровень производительности. Для вопросов планирования весь шестимесячный период работы новичка рассчитывают с производительностью 50 % от номинальной, хотя рост идет нелинейно по S-кривой. Аналогично при вовлечении субподрядных организаций в совместную работу на первом этапе необходимо выделять для организации и контроля работ кадровых сотрудников компании из расчета

1 сотрудник (100 % занятости) на 5-8 субподрядных конструкторов. При накоплении опыта совместных работ это соотношение будет меняться.

Вышеперечисленные примеры иллюстрируют известные многим подходы к работе с сотрудниками. В то же время, не следует забывать, что, как правило, сотрудник, приходящий в компанию, хочет расти в профессии. При наличии определенных усилий компании по его развитию, сотрудник будет заинтересован трудиться эффективно.

9.3. Организация управления знаниями в наукоемкой промышленности

Основным средством преодоления когнитивного барьера (потери целостного представления о сложном изделии в больших, а тем более, распределенных организационных структурах, см. раздел 1.3.2.) является система управления знаниями в организации, в т.ч. на основе современных информационных технологий, которые позволяют сформировать единое информационное пространство для всех (сколь угодно многочисленных) разработчиков изделия, его производителей, эксплуатантов и др.

Управление знаниями активно развивается во многих отраслях, в том числе в авиации, как рецепт ускорения развития личности, противодействия потере научных школ, технологий и практик. Управление знаниями словари определяют как интегрированный, системный подход к процессу идентификации, приобретения, преобразования, развития, распространения, использования, разделения и сохранения знаний, значимых для достижения специфических целей.

Для определенности ограничимся использованием технологических знаний при целевой подготовке авиаинженеров и формировании требований к средствам описания и представления знаний для обеспечения их достоверности при использовании. При этом можно вычлениить два фундаментальных класса знаний - неявные и явные. Первые скрыты в головах и профессиональных текстах; вторые представлены в виде специально организованных бумажных или электронных объектов.

Выработан ряд специфических механизмов управления неявными знаниями:

- Наставничество, технология, построенная на лозунге «Делай, как я».
- Конструкторская, производственная школа – на основе девиза: «Думай, как я».
- Персональная модель предметной области, когда работает слоган: «Понимай, как я». Такая модель используется при формировании коллектива сторонников какого-то типа самолетов, новой схемы авиадвигателя и др.

В западных фирмах корпоративные стандарты - основной способ перевода неявных знаний персонала в явные активы конкретной компании. К этой категории знаний, помимо ГОСТа (национального стандарта в

современной терминологии закона «О техническом регулировании»), относят «стандарт предприятия СтП» и совсем новые объекты, для которых еще не устоялся термин «лучшие методики (практики)».

Последние по смыслу это внутрифирменные конфиденциальные знания, корпоративные «know-how», то есть «знать, как делать» с тем, чтобы скорейшим образом ввести набор компетенций сотрудника в актив предприятия, электронные программы обучения персонала (найдутся ли аналоги у наших предприятий?).

Постепенно входят в практику РФ комплексы поддержки корпоративной системы документооборота, средства поддержки жизненного цикла продукции (CALS-системы), средства дистанционного обучения по различным проблемам производства и т.п. Однако специализированные компьютерные коды, поддерживающие корпоративную культуру решения производственных задач, часто несертифицированы, содержатся на предприятии в незавершенном виде, не позволяющем их использовать никому, кроме автора.

Редко документируется в виде набора регламентов оптимизированный и зафиксированный набор конкретных требований к определенному месту специалиста в системе производства (вплоть до перечня стандартов ISO или ГОСТов). По сути, это расширенный и детализированный раздел «Должен знать» старой должностной инструкции. Недостаточно пропагандируется использование международных стандартов ISO, многие из которых оформлены также в качестве ГОСТов, например, основополагающий стандарт системной инженерии ISO 15288 (см. таблицу в разделе 2.4.) и др. Как позитивный пример внимания к данному вопросу, укажем, что в Министерстве энергетики РФ, например, запланировано на период 2011-2013 гг. выпустить около 160 стандартов и регламентов, 30 из которых относятся к переводным стандартам ISO.

И еще одно – в любой большой западной компании во внутренней сети выложены все материалы для проектантов, записанные в виде того, что у нас называлось РТМ (руководящие технические материалы) или методики проектирования. Управление знаниями на инофирмах – обязательная часть процесса. Модель управления корпоративными знаниями может быть основана на разделении совокупности явных знаний на три категории:

1. Нормативные материалы, носящие общедоступный характер и обязательные для исполнения в среде корпоративного информационного обращения. В терминах закона «О техническом регулировании» этот раздел корпоративных знаний может быть оформлен как «СтП, Стандарт организации».

В состав могут входить как материалы, регулирующие корпоративные процедуры и процессы (например, каталог продукции для отраслевых нужд, рубрикатор научно-технической информации и т.п.), так и эталонные наборы данных, использование которых должно быть обязательным

для предприятия (например, «Таблица параметров стандартной атмосферы», «Справочник свойств композитных материалов» или «Толковый словарь технологических терминов»).

2. Внутренние стандарты компании, являющиеся обязательными или рекомендуемыми для использования во внутреннем обороте знаний. Доступ к ним может быть ограничен на основе закона «О коммерческой тайне». Их формирование может происходить на основе координации деятельности или на базе хозяйственных договоров с разработчиками. Использование этих материалов в общем случае должно носить коммерческий характер, позволяющий разработчикам компенсировать затраты, а компании оптимизировать общесистемные расходы. Одной из задач компании является стимулирование разработки таких документов на основе имеющейся на фирме информации.

В составе могут быть предложения по оптимизированным технологическим процедурам (best practice), рекомендуемые стандартные справочные технологические данные (ССД) – например, методика усталостных расчетов на прочность деталей из применяемых композитных материалов, технические условия (ТУ) или технические требования (ТТ) к производственным процессам или продукции, фактические требования стандартов качества, профили компетенции специалистов, тарифно-квалификационные справочники и т.п.

3. Научные и технологические знания, представляющие собой результаты интеллектуальной деятельности, на которые существуют явные права интеллектуальной собственности, в которых компания является совладельцем или владельцем. Оборот этих знаний должен полностью определяться механизмами управления нематериальными активами для хозяйствующих субъектов и приносить его участникам прибыль.

В состав этих знаний должны войти данные о свойствах веществ, полученные в результате исполнения хозяйственных договоров предприятиями, патенты компании, программные комплексы и базы данных, разработанные по заказам организации, учебные программы и курсы дистанционного обучения по узким специальностям в области авиатехнологий, единые технологии, возникшие с участием компании и для ее нужд и т.п.

Для информационного обеспечения функционирования этой модели применяют соответствующие ИТ-продукты:

- тематический рубрикатор;
- совокупности терминологических документов в статусе корпоративных стандартов: глоссариев, тезаурусов и т.п.;
- средства уникальной идентификации содержательной компоненты документа или его фрагментов (ключевые слова, кодировка и др.);
- электронного депозитария и средств поиска и доступа к объектам хранения;
- системы электронного документооборота, WEB-портала и т.п.

Управление знаниями служит цели направленного накопления предметных знаний компании, ускоренной передачи опыта, обмена методиками, капитализации затрат на обучение сотрудников в ходе практической деятельности, снижения зависимости организации от знаний конкретного человека и возможности вовлечь в процессы при необходимости новых сотрудников при кратком периоде обучения. Так же происходит определенная универсализация (расширение должностных обязанностей) сотрудников, что позволяет решить вопрос неравномерной загрузки сотрудников при небольшом количестве одновременно разрабатываемых проектов. При этом одним из условий допуска сотрудника к работе на новом проекте является сдача специального экзамена, которому предшествует тренинг.

9.4. Подготовка руководящих кадров в авиационной промышленности: проблемы и современные решения

Особую проблему представляет собой подготовка руководителей всех уровней. Если в сегменте инженерных специалистов можно обсуждать целесообразность и возможность сохранения преемственности с советской школой, то в этой сфере данный вопрос неактуален. Как было показано во всех предыдущих главах, в современных условиях произошли кардинальные изменения структуры отрасли, принципов управления ее развитием, механизмов финансирования и т.п. – проще говоря, изменился объект, цели и рычаги управления.

В советской авиационной промышленности ключевую роль играла фигура Генерального конструктора. Их имена получили всемирную известность. Однако, несмотря на это, в современном авиастроительном бизнесе сравнимых фигур нет по объективным экономическим и технологическим причинам. Также и у западных коллег вы редко встретите ссылку на имя конкретного руководителя.

Сейчас в ходу предложения о возрождении лестницы и титула Генерального конструктора в старом понимании (прошедший все ступени в карьере, всевидящий, всезнающий, строгий, но справедливый). Однако Генеральный конструктор сегодня в одном лице неэффективен (причины см. далее, кроме того, труд компании и ее партнеров по созданию и продвижению высокотехнологичного и очень затратного продукта не может и не должен зависеть от одной, пусть гениальной личности). Ранее Генеральный конструктор являлся, помимо прочего, распорядителем разнообразных ресурсов (в т.ч. финансовых) и координатором усилий множества специалистов и предприятий. В рыночной экономике такие функции естественно выполнять соответствующим менеджерам (несущим ответственность за свой участок работы).

Даже в качестве системного интегратора конструкции будущего изделия, удерживающего в голове все проблемы его создания и разрешающего противоречия между предметными специалистами, Генеральный конструктор вряд ли возродится, по следующим причинам.

Во-первых, сложность самих изделий и технологий их создания существенно возросла за последние десятилетия. Нюансами конструкции должны владеть специалисты по направлениям - аэродинамика, прочность, авионика, конструкция, системы и т.д. Энциклопедистов в современной технике практически давно не было (а сейчас тем более). «Гениальность» Генеральных конструкторов замещается регулярными процедурами системной инженерии и базой знаний, которые призваны обеспечить целостность данных, полный учет набора требований, системность разрешения противоречий, коллегиальное принятие решений на основе не «прозорливости», а набора прозрачных количественных критериев.

Во-вторых, изменились критерии создания авиатехники, принципы финансирования и т.п. Соответственно, не могло сохраниться главенствующее положение Генерального конструктора. Примат Генеральному конструктору давать сегодня непрактично, его цель – идеи, а их цена неинтересна (как это было во времена СССР). Вспомним историю НК-93. Поэтому, как везде в мире, на первый план выдвигаются менеджеры (сроки, бюджет, маркетинг), а вице-президент по инжинирингу (т.е. по нашему Генеральный конструктор) в любой инофирме находится на последнем месте в иерархии руководителей компании. Дело не в пренебрежении коллег, а в том, что перед ним (тратящим на работы прибыль коллектива) выстраиваются специалисты по получению этих доходов. В то же время, нельзя скатиться в противоположную крайность – «менеджеризм». Важности понимания отраслевой специфики даже для менеджера, на первый взгляд, далекого от принятия технических решений, никто не отменял. В переходной на сегодня практике инженерии РФ дело не в плохих менеджерах, а в том, что у нас они ни за что не отвечают, и их никуда не двигают при неудачах.

Бытует аксиома - лидер технологического предприятия вырастает из базовой специальности. Однако достаточно вспомнить во времена СССР истории восхождения не соответствующих этому критерию Р. Бартини, В.Мясищева, главы корпорации МИГ А.Микояна. Среди двигателистов (да и не только) сейчас звание Генерального конструктора присваивают сразу при назначении, т.е. за кресло. А двадцать лет назад для этого необходимо было сделать и сдать в серию изделие, т.е. организовать работу и показать конечный результат. Поэтому необходимо накапливать технический опыт фирмы как коллектива (а не одного Генерального Конструктора), максимально бережно вводить инновации, и набивать руку на совершенствовании продукции.

В унисон с вышесказанным звучит исследование различий российских сотрудников, лидеров российских и западных компаний.¹

«Анализ статистических данных исследования (1483 российских менеджера среднего звена, в 28 компаниях – 15 российских и 13 западных) показал, что существует принципиальная разница между «профилями» российских руководителей, в зависимости от того, работают они в российской или западной компании. Сравнивались менеджерские компетенции: стратегическое мышление; анализ проблем и принятие решений; планирование и организация работы; оперативное управление; развитие и мотивирование сотрудников; сотрудничество и работа в команде; коммуникация; ориентация на результат.

Оказалось, что руководители «в России» в большей степени тяготеют к более жесткому, административному стилю управления, склонны недооценивать роль подчиненных и применять негативную мотивацию, редко привлекают сотрудников и коллег к обсуждениям, предпочитают выработать решения самостоятельно, обладают менее эффективными навыками убеждения и влияния, склонны к жесткому стилю ведения переговоров.

Возможно, причина кроется в том, что западные компании более «обезличенные», ведь в них первое лицо – это всего лишь «номер один», задача которого заключается в том, чтобы реализовывать миссию компании. При этом со сменой первого лица миссия компании, как правило, не меняется, и преемник продолжает подчиняться тем же общим законам менеджмента, которые в ней приняты. В российских компаниях роль личности первого лица и его влияния на направление развития компании несоизмеримо выше».

Поддерживая в целом постановку кадровых вопросов, отметим нехватку в авиапроме РФ руководителей характерного западного типа. В других отраслях РФ директорат больших машиностроительных заводов имеет возраст 32...45 лет. При этом задачи выполняют по приросту оборота на 15–30 % в год (не сырьевики, а именно машиностроители). У авиаторов еще не произошел поворот в умах к молодежи в руководстве. Как пример неисклнучительности авиаторов, укажем, что в другой, более успешной госкорпорации, руководителем программы развития спектра новых технологий назначен авторитетный человек в возрасте за 70 лет. Можно прогнозировать, что в развитии инновационных тем будут применены подходы, «одобренные лидером». Также нужно найти руководителя, который сможет давать людям свободу постановки процессов, а не донимать мелочной опекой. И если раньше предполагалось, чем сильнее команда, тем лучше всем ее участникам, сейчас большинство начальников предпочитает «одиночество на сияющей вершине». За результат-то не спрашивают.

¹ См. Л.Никулина, 11.03.2011, Ведомости, 42 (2808)

http://www.vedomosti.ru/newspaper/article/256342/ot_administratora_k_lideru#ixzz1GGIbG_xsd

Катастрофически не хватает хороших управленцев не только у нас. В Airbus в рамках плана реструктуризации Power8 заменили все основные позиции руководителей на выходцев из автопрома (Даймлер-Крайслер), более привычных к ежедневному прессингу рынка. С другой стороны, там не надо учить менеджера на Генерального конструктора, нужно иметь план действий и реализовать его в нужные сроки за разумные деньги при рыночном интересе. Интересен факт из практики большого GE. Топ-менеджер Д. Макнирни претендовал наряду с Д. Иммельтом на роль преемника Д. Уэлша, главы компании, но выборы проиграл. После чего по корпоративным законам компании, должен был уйти с фирмы (в данном случае стал главой компании ЗМ, оттуда ушел позднее в Boeing). Логика Уэлша была проста: если претендуешь на выдвижение, то перерос свой нынешний пост, он тебе неинтересен, т.е. для компании твоя работа становится менее эффективной. Так что если проиграл здесь, не теряй времени, иди в другие фирмы искать свой уровень. Кстати, аналогично поступал академик П.Л. Капица, устанавливая для защитивших докторские диссертации сотрудников зарплату... всего лишь лаборантов, чтобы побудить их выдвижение на самостоятельные внешние посты.

Резюмируя материал о подготовке кадров, следует сказать, что нет нигде в мире чудесных рецептов клонирования гениев-руководителей техники «из пробирки», однако ведется целенаправленная деятельность по организации эффективной командной работы. Есть заданный набор требований к рабочим функциям сотрудников, систематически организованный каждодневный упорный труд, направленный на развитие необходимого набора деловых качеств имеющегося персонала, обучение работе в команде с четким разделением обязанностей, объективный отбор лучших для продвижения, организация процессов с целью снизить влияние конкретного специалиста на командную работу, ускорение передачи знаний с помощью новейших технологий обучения и информационных систем, постоянная учеба сотрудников, целенаправленное использование тренингов для повышения командной результативности независимо от их уровня знаний и навыков, и др.

Коллективное творчество компании (здесь важная роль принадлежит дирекции по персоналу) должно способствовать построению команды проекта, использовать сильные стороны специалистов разного профиля – и все это для того, чтобы создавать рыночно привлекательный продукт, соблюдать график и бюджет проекта, организовать современное производство (лучшие технологии, приемлемые цены, идеальное качество), соблюдать точность логистики поставок, обслуживать продукт у потребителей в любом аэропорту земного шара, и пр. Рецепт успеха прост, и, надеемся, эта книга отчасти поможет читателю его постичь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для читателей, одолевших книгу до данного места, уместно процитировать восточную притчу:

Путник увидел работающих каменщиков. «Что ты делаешь?» – спросил он первого. «Я кладу камни» – ответил тот.

«А ты что делаешь?» – спросил путник второго. «Я работаю за две монеты в неделю».

Тот же вопрос задал путник и третьему. «Я строю дворец, который простоит века», – таким был ответ.

Хотелось бы верить, что число наших авиастроителей, разделяющих третий ответ, будет расти.

Благодарности

Авторы выражают благодарность рецензентам этой книги, профессорам Владимиру Дмитриевичу Вермелю и Вячеславу Дмитриевичу Калачанову, за нелицеприятную, но конструктивную критику рукописи, которая, как надеются авторы, помогла повысить ее качество.

В.Ю. Николенко выражает благодарность педагогам МАИ, где ему довелось учиться у известнейших ученых К.В. Холщевникова, Г.Н. Абрамовича, В.К. Кошкина, Г.С. Скубачевского и др. Своим учителям в профессии на всемирно известном АМНТК «Союз», академикам АН СССР С.К. Туманскому и О.Н. Фаворскому, профессионалам мирового уровня Ю.И. Гусеву, Е.С. Иванову, А.Н. Огуречникову, М.И. Маркову, Б.И. Кузнецову, коллегам В.П. Прахову, В.И. Сильчеву, Ю.Б. Знаменскому, Д.В. Кудрявцеву, А.Ф. Жирнову и многим другим. Плодотворными были тематические дискуссии с сотрудниками СНТК им. Кузнецова, НПО «Люлька-Сатурн», ЗМКБ «Ивченко-Прогресс», руководителем ЦИАМ В.А. Скибиным, с наставником по бизнесу Б.В. Миславским, неутомимым критиком Г.С. Тимониным.

Автору посчастливилось общаться на профессиональные темы с зарубежными руководителями крупнейших авиафирм (в хронологическом порядке): R-N.Penny, R.Chevis (NPT UK), S.de Pahlen, D.Maccagnani, C.Vinci, E.Spano (Fiat AVIO, Italy), Y.-H.Bae, K.-T.Lee (Samsung, Republic of Korea), C.Caudill, M.Benzakein, F.Herzner, E.Duran (GE, USA), A.Krein, K.Kalmer, G.Weber, G.Hellard (Airbus SAS).

Отдельная благодарность родителям – Ю.И. и Н.Ф. Николенко, моим близким Г.С. и О.В. Николенко, соратнику и другу В.И. Кондратенко.

В.В. Клочков выражает благодарность своим учителям и коллегам – преподавателям Факультета аэромеханики и летательной техники МФТИ, ученым ЦАГИ им. Н.Е. Жуковского (в первую очередь – А.В. Шустову, инициатору подготовки студентов МФТИ в области экономических проблем развития авиации, и исполнительному директору ЦАГИ член-корр. РАН С.Л. Чернышову, энтузиасту внедрения современных методов управления созданием авиационных технологий), ЛИИ им. М.М. Громова (в особенности, своему наставнику и научному руководителю д.т.н. В.И. Мельнику), ЦИАМ им. П.И. Баранова (в особенности, А.В. Ждановскому – одному из самых квалифицированных отечественных специалистов по экономике авиастроения, общение с которым существенно повлияло на авторскую позицию в этой науке), а также своему другу и коллеге Н.В. Бабкину, совместная работа с которым помогла непосредственно соприкоснуться с современным мировым авиастроительным бизнесом.

Основная рекомендуемая литература

Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности» на 2013–2025 гг. // официальный сайт Министерства промышленности и торговли Российской Федерации www.minpromtorg.gov.ru

Клочков В.В. Организация конкурентоспособного производства и послепродажного обслуживания авиадвигателей / М.: Экономика и финансы, 2006 – 464 с.

Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008 – 124 с.

Клочков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 – 280 с.

Реус А., Зинченко А, Крайчинская С, Талянский Д. О методе управления знаниями в процессах интеграции машиностроительной корпорации / М.: Издательский дом «Дело», РАНХиГС, 2011. – с. 80: ил.

Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.

Ричард Б. Чейз, Ф. Роберт Джейкобз, Николас Дж. Аквилано. Производственный и операционный менеджмент / М.: Изд. «Диалектика-Вильямс», 10-е издание, 2008. – 1184 с.

Перечень часто используемых сокращений

БРЭО – бортовое радиоэлектронное оборудование

ВД – каскад высокого давления авиадвигателя

ВС – воздушное судно

ВВС – военно-воздушные силы

ГОСТ – система государственных стандартов РФ

ГСМ – горюче-смазочные материалы

ЕИП – единая информационная платформа проекта (единое информационное пространство)

ЖЦ (И) – жизненный цикл (изделия)

ЖЦ (ТУ) – жизненный цикл (технологического уклада)

ИКАО – международная авиационная организация

ИЛП – интегрированная логистическая поддержка продукта

ИМ – информационная модель изделия на всех стадиях ЖЦ

ИТ – информационные технологии

ИЭТР – интерактивное электронное техническое руководство

КБ – конструкторское бюро авиа – или двигателестроения

КВД – компрессор высокого давления авиадвигателя

КД – конструкторская документация

КПП – комплексные проектные группы

КПН – конструктивно-производственные недостатки проекта

НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы

НИР – научно-исследовательские работы

НД – каскад низкого давления авиадвигателя

ОАК – объединенная авиастроительная госкорпорация РФ

ОДК – объединенная двигателестроительная корпорация РФ

ОЕМ – производитель оригинального оборудования (original equipment manufacturer)

ПИ – параллельный инжиниринг (система совместной работы)

ПКИ – покупные комплектующие изделия

ПКМ – полимерно-композиционные материалы
 ПМ – менеджер проекта
 ПО – программное обеспечение как продукт
 ППО – послепродажное обслуживание изделия
 ПЭР – прямые эксплуатационные расходы
 РКД – рабочая конструкторская документация
 РЛЭ – руководство по летной эксплуатации ВС
 СА – сопловой аппарат турбины авиадвигателя
 САПР – система автоматизированного проектирования
 САУ – система автоматического управления ВС
 СЖЦ – стоимость жизненного цикла изделия
 СМК – система менеджмента качества
 СНО – средства наземного обслуживания
 ТВД – турбина каскада высокого давления авиадвигателя
 ТЗ – техническое задание
 ТЛ – технический лидер проекта
 ТОиР – техническое обслуживание и ремонт изделия
 ТПП – технологическая подготовка производства
 УЗТ – уровень зрелости технологий
 УЗП – уровень зрелости производства
 УЖЦ – управление жизненным циклом продукта
 УСтЧ – условная стоимость летного часа
 ФСА – функционально- стоимостный анализ
 ЭМИ – электронный макет изделия (согласно ГОСТ 2.051-2.053)

CAD – системы компьютерного проектирования (computer aid design)
 CALS – концепция непрерывной информационной поддержки ЖЦ (continuous acquisition lifecycle support)
 DoE – планирование эксперимента (design of experiment)
 EASA – европейское авиационное агентство
 FAA – американское авиационное агентство
 FMEA – анализ видов и последствий отказов (failure mode and effects analysis)
 INCOSE – международное сообщество системных инженеров
 ISO – система международных стандартов
 ИТР – комплексное техническое планирование
 IRR – внутренняя норма доходности инвестпроекта (internal rate of return)
 PLM – система управления жизненным циклом (product lifecycle management)
 PDM – система управления данными об изделии (product data management)
 QFD – развертывание функции качества (quality function deployment)

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение П.0. FMEA как инструмент системного обеспечения качества на стадии проектирования изделий

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) – в буквальном переводе, анализ видов и последствий отказов. FMEA-анализ представляет собой технологию анализа возможности возникновения дефектов и их влияния на потребителя. FMEA-анализ проводится для разрабатываемых продуктов и процессов с целью снижения риска потребителя от потенциальных дефектов.

FMEA-анализ в настоящее время является одной из стандартных технологий анализа качества изделий и процессов, поэтому в процессе его развития выработаны типовые формы представления результатов анализа и правила его проведения.

Данный вид функционального анализа используется как в комбинации с функционально-стоимостным (ФСА) и функционально-физическим анализом, так и самостоятельно. Он позволяет снизить затраты и уменьшить риск возникновения дефектов.

FMEA-анализ, в отличие от ФСА, не анализирует прямо экономические показатели, в том числе затраты на недостаточно высокое качество, а позволяет выявить именно те дефекты, которые обуславливают наибольший риск потребителя, определить их потенциальные причины и выработать корректирующие действия по их устранению еще до того, как эти дефекты проявятся и, таким образом, предупредить затраты на их исправление.

Обычно FMEA-анализ проводится для новой продукции или процесса. FMEA-анализ процессов может проводиться для:

- процесса производства продукции;
- процесса эксплуатации изделия потребителем.

FMEA-анализ процесса производства обычно производится у изготовителя ответственными службами планирования производства, обеспечения качества или производства с участием соответствующих специализированных отделов изготовителя и, при необходимости, потребителя. Проведение FMEA-анализа процесса производства начинается на стадии технической подготовки производства и заканчивается своевременно до монтажа производственного оборудования. Целью FMEA-анализа процесса производства является обеспечение выполнения всех требований по качеству процесса производства и сборки путем внесения изменений в план процесса для технологических действий с повышенным риском.

FMEA-анализ бизнес-процессов обычно производится в подразделениях, выполняющих данный бизнес-процесс. В проведении анализа, кроме представителей этих подразделений, обычно принимают участие представители службы обеспечения качества, представители подразделений, являющихся внутренними потребителями результатов бизнес-процесса и подразделений, участвующих в выполнении этапов бизнес-процесса. Целью этого вида анализа является обеспечение качества выполнения запланированного бизнес-процесса. Выявленные в ходе анализа потенциальные причины дефектов и несоответствий позволят определить причину неустойчивости системы. Выработанные корректирующие мероприятия должны обязательно предусматривать внедрение статистических методов, в первую очередь для тех операций, где выявлен повышенный риск.

Этапы проведения FMEA-анализа

1. Построение компонентной, структурной, функциональной и потоковой моделей объекта анализа;

Если FMEA-анализ проводится совместно с функционально-стоимостным и функционально-физическим анализом, используются ранее построенные модели.

2. Исследование моделей.

В ходе исследования моделей определяются:

Потенциальные дефекты для каждого из элементов компонентной модели объекта.

Такие дефекты обычно связаны или с отказом функционального элемента (его разрушением, поломкой и т.д.), с неправильным выполнением элементом его полезных функций (отказом по точности, производительности и т.д.) или с вредными функциями элемента.

В качестве первого шага рекомендуется перепроверка предыдущего FMEA-анализа или анализ проблем, возникших за время гарантийного срока. Необходимо также рассматривать потенциальные дефекты, которые могут возникнуть при транспортировке, хранении, а также при изменении внешних условий (влажность, давление, температура).

Потенциальные причины дефектов.

Для их выявления могут быть использованы диаграммы Ишикавы, которые строятся для каждой из функций объекта, связанных с появлением дефектов.

Потенциальные последствия дефектов для потребителя.

Поскольку каждый из рассматриваемых дефектов может вызвать цепочку отказов в объекте, при анализе последствий используются структурная и потоковая модели объекта.

Возможности контроля появления дефектов.

Определяется, может ли дефект быть выявленным до наступления последствий в результате предусмотренных в объекте мер по контролю, диагностике и др.

Дается ряд экспертных оценок.

Определяются следующие параметры:

а) параметр тяжести последствий для потребителя (проставляется обычно по 10-ти балльной шкале; наивысший балл проставляется для случаев, когда последствия дефекта влекут юридическую ответственность);

б) параметр частоты возникновения дефекта (проставляется по 10-ти балльной шкале; наивысший балл проставляется, когда оценка частоты возникновения составляет 1/4 и выше);

в) параметр вероятности не обнаружения дефекта (является 10-ти балльной экспертной оценкой; наивысший балл проставляется для "скрытых" дефектов, которые не могут быть выявлены до наступления последствий);

г) параметр риска потребителя (показывает, в каких отношениях друг к другу в настоящее время находятся причины возникновения дефектов; дефекты с наибольшим коэффициентом приоритета риска подлежат устранению в первую очередь).

Результаты анализа заносятся в специальную таблицу. Выявленные "узкие места" подвергаются изменениям, то есть разрабатываются корректирующие мероприятия.

Часто разработанные мероприятия заносятся в последующую графу таблицы FMEA-анализа. Затем пересчитывается потенциальный риск после проведения корректировочных мероприятий. Если не удалось его снизить до приемлемых пределов, разрабатываются дополнительные корректирующие мероприятия и повторяются предыдущие шаги.

По результатам анализа для разработанных корректирующих мероприятий составляется план их внедрения. Для этого определяется:

– в какой временной последовательности следует внедрять эти мероприятия и сколько времени потребуется на проведение каждого мероприятия, через сколько времени после начала его проведения проявится запланированный эффект;

– кто будет отвечать за проведение каждого из этих мероприятий и кто будет конкретным его исполнителем;

– где (в каком структурном подразделении) мероприятия должны быть проведены;

– из какого источника будет производиться финансирование проведения мероприятия.

Приложение П.1. Проекты некоторых документов предприятия

Приложение П.1.1. Состав и представление информации в информационной модели ВС

Раздел 0. Терминология управления жизненным циклом ВС на стадиях проектирования и производства

Архитектура средств автоматизации – перечень программных систем и комплексов с указанием направлений основных информационных потоков между ними, но без указания способов конкретной передачи данных в этих информационных потоках.

База данных (БД) – датацентрическая совокупность взаимосвязанной информации (фактов), предназначенная для обработки компьютерными средствами, без переноса на бумажный носитель.

Документоцентрический – характеризует подход к работе с информацией, при котором индивидуально адресуемыми единицами работы с информацией (информационными продуктами) являются исключительно документы.

Датацентрический – характеризует подход к работе с информацией, при котором индивидуально адресуемыми единицами работы с информацией (информационными продуктами) являются не только документы, но и отдельные (элементарные) факты, адресующие какие-то определенные интересы и используемые для составления описаний – документов и моделей.

Информационный продукт – индивидуально идентифицируемая совокупность информации, используемая в деятельности организаций. Понятие информационного продукта объединяет бумажные документы и их совокупности (комплекты, папки и пр.), электронные документы и их совокупности, информационные модели и их отдельные компоненты (например, базы данных).

Информационная модель ВС – совокупностью взаимосвязанных и актуализируемых описаний ВС (датацентрических моделей и иных электронных документов), включая базы данных и алгоритмы, содержащих информацию о:

- Конфигурации ВС;
- Материально-техническом обеспечении производства ВС;
- Календарно-сетевом планировании при проектировании и изготовлении ВС;
- Ресурсах проектирования и производства ВС, и обеспечивающая передачу информации между стадиями проектирования, заказа и поставок ПКИ и компонентов, сборки, ввода в эксплуатацию, эксплуатации.

- **Конфигурация ВС** – совокупность описаний, содержащих информацию о компонентах, узлах, деталях, системах ВС в объёме документов проекта, рабочей документации, с указанием всех изменений данных и их причин.

Процессный подход – подход к описанию деятельности как совокупности взаимодействующих процессов.

Процесс – способ описания деятельности, при котором деятельность рассматривается как система: у нее отмечают назначение и выделяют в ней соединённые различными связями элементы, объединённые в шаблоны (практики).

Подход жизненного цикла – подход, требующий при рассмотрении и описании системы рассматривать и описывать её как проходящую во времени через ряд состояний, от появления первичного замысла и до прекращения существования, и принимать любые решения по поводу изменения системы с учётом их последствий на протяжении всего времени её существования.

Проектная информация – любая информация о ВС на стадиях проектирования и производства жизненного цикла, включая пространственные (трёхмерные) модели, логические модели, чертежи, списки, конечно-элементные модели, результаты прочностных и других расчетов, базы данных и фактов, отчеты, заметки, памятки и т.д.

Рабочая документация – совокупность описаний ВС, соответствующая нормативным требованиям и стандартам для описания ВС в объеме, достаточном для его производства.

Стандарты системной инженерии – стандарт ISO/IEC 15288:2008 и связанные с ним международные стандарты.

Структура продукта (Product Breakdown Structure) — специальный классификатор для организации информации ИМ ВС по привязке документов и узлов на уровнях декомпозиции ВС, соответствующих, например, компоненту, узлу, детали, системе.

Система кодирования – совокупность методов и правил обеспечения кодирования объектов заданного множества. Системы кодирования характеризуются ёмкостью (числом различающихся между собой кодовых обозначений), используемым алфавитом кода и правилами образования кодовых последовательностей.

Стейкхолдер – роль, в которой могут быть человек или организация, состоящая в наличии интереса к системе, в том числе к её функционированию или конструкции, назначению, продукту, обладанию системой какими-либо характеристиками.

Средства электронной идентификации -программные и технические средства, обеспечивающие идентификацию пользователей для публикации ЭД и изменения учетной записи электронного документа.

Электронный документ (ЭД) – документ в любой форме, позволяющей осуществлять его передачу и обработку компьютерными средствами, без переноса на бумажный носитель.

Раздел 1. Общие положения

1.1. Настоящий стандарт регламентирует требования к информационной модели ВС (ИМ ВС) на стадиях проектирования и производства.

1.2. ИМ ВС является совокупностью взаимосвязанных и актуализируемых описаний ВС (датацентрических моделей и иных электронных документов). ИМ ВС предназначена для передачи информации между заинтересованными лицами в процессах проектирования, заказа оборудования, производства, монтажа ПКИ и конечной сборки, и далее на стадии эксплуатации ВС.

1.3. ИМ ВС включает описания, содержащие информацию о проектировании и производстве ВС, структурированную по следующим направлениям:

- Конфигурации ВС: информацию о компонентах, узлах, деталях, системах ВС в объеме документов проекта, рабочей документации и исполнительной документации.
- Материально-техническом обеспечении производства ВС: информацию о комплектации, закупках и поставках ПКИ и компонентов на линию конечной сборки для производства ВС.
- Календарно-сетевом планировании при проектировании и производстве ВС: информацию о составе работ по проектированию и производству, их взаимозависимостях, физических и финансовых объемах работ, планируемых и актуальных сроках выполнения, технологических процессах производства.
- Ресурсах проектирования и производства ВС: информацию о трудовых ресурсах, техническом оборудовании и иных материальных ресурсах для выполнения проектирования и производства ВС.

1.4. ИМ ВС содержит как описания, разработанные и предназначенные для обработки с применением компьютерных средств автоматизации проектирования (САПР), так и описания, разработанные без использования САПР. Описания и модели могут готовиться для включения в ИМ ВС в форматах различных САПР и входят в составе ИМ ВС в различных формах, включая документы, базы данных, программные алгоритмы.

1.5. Описания в составе ИМ ВС содержат в исходном или обработанном виде информацию следующих источников:

- исходные требования к проекту ВС;
- техническое задание на проектирование ВС;
- технические решения проекта ВС;
- спецификации ПКИ и компонентов изделия, выбранных для применения при проектировании ВС;
- календарные планы производства ВС;
- технические решения по технологии производства ВС;
- финансовая информация проекта ВС;
- программы обеспечения, поддержки, контроля качества;

1.6. Способами организации описаний ИМ ВС являются:

- Структурированный архив электронных документов (АД);
- База инженерных данных (БД).

1.7. Основные виды электронных документов, размещаемых в АД:

- Электронные документы САПР, использованные для подготовки бумажных документов проекта, рабочей документации и исполнительной документации в специализированных форматах различных САПР, включая логические модели (функционально-технологические схемы, электрические схемы и т.п.), пространственные (трёхмерные) модели конструкции, документы в векторной и растровой графике (чертежи), календарные графики.

- процессам производства, визуализация технологических и сборочных операций.

1.8. Документы АД актуализируются в процессе производства при создании исполнительной документации.

В АД, помимо документов Проектной организации, также размещаются документы конструкторских организаций и документы заводов – изготовителей и поставщиков ПКИ и оборудования.

1.9. БД ИМ ВС формируется на основании документов, размещаемых в АД и содержит все объекты ВС, включая, но не ограничиваясь: компоненты, узлы, детали, системы, оборудование, агрегаты и их части, места их расположения и установки, временные производства и сборочное оборудование, СДУ ВС и др.

Раздел 2. Требования к организации описаний ИМ ВС

2.1. Требования к классификации

2.1.1. Организация входящих в состав ИМ ВС описаний (моделей и иных документов) и объектов сформированной на их основании БД производится путём отнесения их к ряду классификаторов:

а) По технологическим или функциональным системам в соответствии со стандартом кодирования компонентов, узлов, агрегатов систем, согласованным Проектной организацией и Заказчиком.

б) По видам документов в соответствии со стандартом кодирования видов документов, согласованным Проектной организацией и Заказчиком.

в) По типу выдачи Заказчику:

- Документы проекта.

- Документы рабочей документации.
- Документы исполнительной документации.
- Внутренние документы Проектной организации.
- г) По направлениям описаний:
 - Конфигурации ВС – «3D».
 - Материально-техническое обеспечение производства ВС.
 - Календарно-сетевое планирование при проектировании и производстве ВС.
 - Ресурсы проектирования и производства ВС.

2.1.2 Организация объектов (компонентов, узлов, систем, оборудование, агрегаты и их части, места их расположения и установки, временные производства и сборочное оборудование, программно-технические средства СДУ и т.д.) в составе БД производится по следующим классификаторам:

а) По технологическим или функциональным системам (структур, систем, компонентов, узлов, агрегатов) в соответствии с применимыми для данного вида систем частями стандарта кодирования объектов, оборудования и места их расположения проекта, согласованным Проектной организацией и Заказчиком.

б) По координатной привязке Product Breakdown Structure (компонентов, узлов, агрегатов систем) в соответствии со стандартом кодирования объектов, оборудования и мест их расположения, согласованным Проектной организацией и Заказчиком.

в) По единому классификатору Заказчика для материально-технического обеспечения производства ВС (ПКИ, материалов и оборудования).

2.2. Требования к АД

2.2.1. Размещаемые в АД документы должны содержать описание проектных решений и быть выполнены в соответствии с применимыми стандартам Единой системы конструкторской документации и для производства, с учётом изменений, содержащихся в согласованных Проектной организацией и Заказчиком стандартах на новые способы представления технической информации (электронные документы, интеллектуальные технологические и электрические схемы, 3D-модели, ЭМИ и прочее).

2.2.2. Электронные документы САПР в векторной или растровой графике, не содержащие достаточных данных для формирования логических или пространственных моделей (например, документы в формате САПР AutoCAD), должны снабжаться метаданными в объёме, как минимум, кодов и иных идентификаторов оборудования. При публикации в ИМ ВС такие документы должны проходить процедуру обработки для отнесения к классификаторам и построения связей документа с элементами БД.

2.2.3. При выдаче документов Заказчику оформляется и размещается в АД электронная накладная, содержащая следующие атрибуты по каждому передаваемому документу: Имя файла, Код документа, Наименование документа, Код вида документа, Номер листа, Версию документа, Дату подписания документа, Формат документа.

2.3. Требования к БД

2.3.1. К объектам, информация о которых размещается в БД, относятся: компоненты, узлов, агрегатов систем детали, их расположения и установки, временные производства и сборочное оборудование, программно-технические средства САПР.

2.3.2. Программное обеспечение БД обеспечивает:

- Формирование БД в ИМ ВС в виде иерархически организованной системы объектов с применением указанных в настоящем стандарте классификаторов.
- Автоматическое формирование кодов объектов.
- Динамическое определение атрибутов для объектов информационной модели.
- Связи объектов БД с документам в АД.

- Сохранение истории изменений данных об объектах.
- Предоставление навигационной среды для поиска технической информации на основе систем кодирования и классификации, также с использованием трехмерного визуального представления и через документы в соответствии с предоставленными пользователям правами.
- Обеспечение целостности ИМ ВС путём поддержки формализованных рабочих процессов при организации совместной работы большого числа пользователей.
- Загрузка подготовленной в САПР или иных системах информации в ИМ ВС.
- Возможность протоколирования событий, связанных с действиями пользователей.
- Возможность экспорта информации в системы управления техническим обслуживанием и ремонтами и системы управления ресурсами предприятия.

Раздел 3. Требования к описаниям по направлениям (только заголовки)

- 3.1. Информация о конфигурации ВС
- 3.2. Информация о материально-техническом обеспечении производства ВС и интегрированной логистической поддержке изделий (ИЛП).
- 3.3. Информация о календарно-сетевом планировании при проектировании и производстве ВС
- 3.4. Информация о ресурсах производства ВС
- 3.5. Взаимосвязи информации различных описаний в ИМ ВС

Раздел 4. Предоставление информации ИМ ВС

- 4.1. Форматы передаваемых Заказчику документов определяются соглашениями о стандартах форматов моделей и иных электронных документов, согласованных Проектной организацией и Заказчиком. Должны быть выбраны форматы, нейтральные по отношению к программному обеспечению, согласно требованиям стандарта ISO 15926.

Приложение П.1.2 Вопросы аудита для вероятного поставщика инженеринговых услуг

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

1.1. Ваши возможности в проектировании

Ближайшие улучшения в течение 2-5 лет в:

- различных типах работ;
- новых изделий, улучшения существующих;
- оборудования, технологий, возможных станков;
- может ли Заказчик посмотреть испытательную Базу и оценить возможности?

Как обеспечивается качество инженеринговых работ (проектирование, испытания, обратная связь в эксплуатации)?

Как оценивается прогресс в работе и введение изменений, если таковые обнаружатся к изменениям контракта?

Как видится взаимодействие с инженерами Заказчика?

Процедуры защиты интеллектуальной Собственности.

Какие ресурсы по трудоемкости в человеко-месяцах доступны немедленно?

Как могут быть увеличены эти ресурсы?

Какие ставки по стоимости человеко-часа сотрудников (для контрактов)?

Есть ли правовые основания для организации такого сотрудничества?

1.2. Защита интеллектуальной собственности

Какова система защиты интеллектуальной собственности?

Как может быть защищена информация Заказчика от раскрытия внутри и вне предприятия?

Есть ли проблема с владением Заказчиком всеми патентами, за которые они платят?

Может ли быть подписан протокол об интеллектуальных Правах?

Есть ли другие компании, с которыми подписаны такие протоколы?

Есть ли работы, где Заказчик не может быть партнером?

1.3. Внутреннее обеспечение качества работ

Ваш метод утверждения проектных результатов.

Ваш метод организации работ по проектированию и доводке.

Ваш метод фиксации или применения предыдущего опыта в работе.

Ваш метод документирования и изучения уроков.

Технологии внутреннего контроля качества.

1.4. Процесс уточнения Техзадания

Ваш процесс интерпретации технических требований.

Ваш процесс улаживания конфликтов при многих заказчиках.

Как ТЗ передают для различных функций проектирования?

Используете ли Вы промышленные госстандарты?

Есть ли у вас доступ к иностранным промышленным стандартам?

*1.5. Статистические методы в проектировании
(оптимизация, влияние допусков, Основные статистические критерии и др.,
обработка предыдущего опыта)*

Как измеряют и контролируют отклонения в деталях (знакомы ли вы со статистическим контролем)?

Как вы минимизируете отклонения?

Какие методы оптимизации Вы используете?

Как Вы устанавливаете допуски на детали?

Как вы оцениваете надежность детали, а также влияние отклонений на надежность?

Как вы определяете наиболее важные критерии для достижения целей проекта (весовые коэффициенты)?

Какие главные критерии проекта (характеристики, тяговооруженность, расход топлива, другие ...)?

Как вы отслеживаете и корректируете дефекты или ошибки?

Как вы действуете с отклонениями свойств материалов?

Имеете ли вы опыт вероятностного проектирования?

1.6. Ведение документооборота по проекту

Как вы документируете процесс и результаты проектирования?

Кто утверждает отчеты, процесс утверждения проекта?

Кто контролирует изменения в оборудовании, программ, обеспечении, какова система управления изменениями проекта?

Существует ли формальный метод документирования импорта-экспорта данных?

Есть ли отчеты по качеству (инспекционные, результаты экспериментов)?

Как вы развиваете систему управления качеством?

Как долго сохраняют записи по проверке качества?

Какая электронная система применяется для сохранения проектных и контроля качества документов и отчетов. И как вообще хранится документация?

1.7. Структура компьютерных сетей

Какое лицензионное обеспечение вы используете:

– (инженерное -NX, ANSYS, ...CAD, PLM)

– (административное – Microsoft share point, Email, и др.)?

Есть ли у вас система защиты сети?

Какой тип сети вы используете и ваши возможности, есть ли связь с другими компаниями?

Ваша политика инвестиций?

Какие типы компьютеров и серверов вы используете?

Какие операционные системы?

Наличие Интранета, содержание, правила пользования?

1.8. Возможности экспериментальной базы

Методы контроля.

Возможности и ограничения.

Управление процессом.

Оборудование для препарирования.

Обработка и анализ данных.

Сводка стендов для испытания узлов.

Состояние стендовой базы.

Физические и функциональные интерфейсы.
 Снабжение (топливо, масло и др.).
 Производственные возможности (?).

1.9. Программное обеспечение (контроль и подтверждение)

Список используемого программного обеспечения и версии.

Как вы подтверждаете работоспособность софта, используются ли проверки тестовые или поправка на эксперимент?

Как вы управляете конфигурацией софта, как вы уверены, что изменения в софте ограничены, а когда они вводятся, то что они не влияют на точность в других диапазонах?

Как обслуживается софт, кто это делает?

1.10. Ресурсы и возможность увеличения

Какова доля непрямых (накладных ?) расходов (управление и др.)?

Общее количество доступное для работы в различных областях экспертизы?

Какова загрузка ваших сотрудников?

Возможно ли привлечение дополнительных ресурсов в вашей местности, как быстро можно привлечь дополнительных специалистов?

1.11. Коммуникационные возможности

Есть ли видеоконференция?

Формат ваших файлов для передачи?

Есть ли е-майл у сотрудников?

Есть ли защита данных при передаче через е-майл?

Есть ли телеконференции?

Как вы используете трехмерные модели для контроля данных?

Есть ли возможности для периодических командировок (сдавать работы Заказчику)?

Рабочее время ежедневное, график и время отпусков.

1.12. Уровень персонала и обучение

Какие типы экспертов у вас есть?

Минимальный и средний образовательный ценз.

Как обучают новых сотрудников?

Как персонал поддерживает форму на уровне последних достижений (программы, технологии и др.)?

Кто оценивает результаты учебы, кто организует?

Средний уровень персонала (новички, со стажем более 10 лет, и др.)

2. ДЕТАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

2.1. Адаптивность к изменениям и проблемам

Внутренний процесс изменения цели контракта.

Что происходит при изменении плана проектирования:

– как устанавливается дефект?

– как определяется причина дефекта?

– как устраняются последствия?

2.2. Стоимость работ

Почасовая ставка (с премией).

Процентное соотношение:

- зарплата инженеров;
- менеджмент или накладные расходы;
- плата за лицензии компьютерных программ и др.

Как будет оплачиваться новое программное обеспечение (для некоторых работ)?

2.3. Система учета трудоемкости и оценка изменения качества

Как оценивается производительность?

Есть ли стратегия развития производительности?

Как проводится оценка графика и трудоемкости при работе?

Контроль и мотивация по качеству работ.

2.4. Организация управления в подразделениях (матричная или функциональная)

Кто лидеры группы, их ответственность?

Как организуется техническая работа?

Кто принимает решения при конфликтах, какой процесс утряски разных подходов к решению?

Как подписывают работу?

Как успехи измеряют и контролируют?

Сотрудник занят в одной или нескольких темах одновременно?

Технические лидеры и менеджеры – одни и те же или разные люди?

2.5. Менеджеры проекта и их обязанности

Есть ли менеджеры, отслеживающие стоимость, график и бюджет работы на вашей площадке?

Стаж и ответственность этих менеджеров.

Как много их у вас?

Ваши проектные и аналитические группы расположены в том же здании?

Как управляются ваши проекты, кто это делает?

Есть ли у вас стандарт, определяющий эту процедуру?

Приложение П.1.3. План качества проекта (при работе в ЕИП)

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Настоящий стандарт предприятия определяет содержание плана качества проекта при проектировании ВС. Стандарт предприятия обязателен для применения всеми подразделениями Компании, участвующими в процессах проектирования ВС.

Этот документ распространяется на все правила и документы, используемые в работе над конкретным проектом предприятия, как внутренние, так и внешние (например, стандарты, технические условия, процедуры, инструкции, записки и т.д.), и для всех входящих внутренних (промежуточных) и выходных данных (например, 3D модели, чертежи, конечно-элементные модели, расчеты на прочность и отчеты, и т.д.).

2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЕКТА

2.1. Общие положения

План качества подготавливается и выпускается при подготовке работ по новому проектному заданию. В нем содержатся основные принципы и правила, используемые в работе над проектом, указаны необходимые сведения для участников работ, описаны основные принципы и правила управления данными в конкретном проекте для всех участников работ предприятия.

План качества определяет:

- политику и Цели в области качества и каким образом проект будет подключен;
- план пользователей;
- справочные документы по проекту;
- систему управления качеством в рамках проекта; его взаимосвязь с другими планами в рамках проектного портфеля;
- организация и функции, связанные с обеспечением качества (см. главу 3);
- деятельность и задачи по обеспечению качества в работе над проектом (см. главы 4, 5 и 6);
- измерение результатов и непрерывные улучшения (см. главу 6);

Чтобы избежать ненужного дублирования, требования не должны повторяться в разных документах. Эти Документы должны иметь ссылки на соответствующие требования, если это необходимо.

2.2. Политика и Цели в области качества

Компания привержена эффективной СМК, которая основывается на ISO /EN 9100. Политика качества компании сообщает о приверженности Цели по качеству и обязательствам для удовлетворения потребностей Заказчика. СМК данного проекта основывается на СМК компании и связанных с ними документов.

2.2.1. Политика качества

В целом политика качества компании определяется в СМК.

План описывает, как эта политика учитывается в рамках данного проекта.

2.2.2 Цели в области качества

На верхнем уровне проектов целями в области качества являются:

- модели чертежи/3D среда (проверки коллизий);
- соотношение отказов к качественным документам ниже 3% (Формат проверки);

- все сданные документы утверждены вовремя по моменту доставки;
- риск пункты Завершены;
- все Работы с Примечаниями включены в комплект чертежей;
- выполнена удовлетворенность Заказчика.

Руководитель проекта (ТЛ) несет ответственность за достижение целей качества. Менеджер Качества поддерживает руководителя проекта в достижении этих целей.

Цели качества определяются как детальные требования, указанные в соответствующих главах настоящего плана качества.

2.3. Документация

2.3.1. Общие положения

Система менеджмента качества проекта описана в следующих документах:

- Руководство компании по качеству.
- План качества (настоящий документ).
- Риск-менеджмент план.

2.3.2. План качества

План качества является основным документом, который определяет СМК проекта. Он должен быть использован в качестве документа верхнего уровня для проверки соответствия проекта требованиям к качеству и определяет необходимые дополнения по конкретному проекту.

2.3.3. Контроль Документы Система управления качеством

Все документы, данные и инструкции, необходимые для удовлетворения требованиям СМК, имеются.

Обеспечение информационной безопасности и связанных с ними информационно-технических ресурсов, используемых в компании, определены в регламентах. Пункт охватывает всю информацию компании в электронном виде.

2.3.4. Контроль записей

Общие требования, изложены в процедуре управления документацией и Данными, применяются к отчетам по проекту.

Отчеты должны храниться в надлежащих условиях для предотвращения повреждения, ухудшения или потери. Электронные версии и печатные копии записей качества надлежащим образом контролируются и управляются. Записи по качеству будут доступны для Заказчика при оценке в соответствии с требованиями контракта.

3. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО ПЕРСОНАЛА

3.1. Ответственность Руководства

Руководитель проекта несет персональную ответственность за качество, время, стоимость, производительность и оперативные цели управления установленным проектом.

Руководитель проекта должен обеспечить наличие соответствующих квалифицированных ресурсов, выделяемых на проекты по достижению целей качества.

3.2. Требования Заказчика к качеству

Исполнитель в полной мере понимает потребности и ожидания Заказчика проекта. Руководство компании персонально обеспечивает эффективную систему управления, чтобы соответствовать этим требованиям и позволяет компании удовлетворить эти потребности.

Выборка из Генеральной спецификации в части, связанной с требованиями качества, указана в приложении 6 к настоящему документу. Необходимые Критерии проверки чертежей приведены в разделе 5.1.4.4 в настоящем документе.

3.3. Организация качества проекта

Руководитель проекта несет ответственность за качество продуктов проекта (конечного продукта, промежуточных продуктов и процессов).

Менеджер Качества поддерживает через свои действия Руководителя проекта, тем самым достигается требуемое качество. Он несет ответственность за осуществление управления качеством в проекте.

Команда Качества Проекта функционально связана с менеджером качества и направлена на обеспечение высокого качества в области развития продукта. Она включает в себя Инженера по качеству, который является частью сети качества компании и связующим звеном команды проекта и СМК.

3.4. Структура организации

Предлагаемый график структуры организации команды для данного проекта приведен ниже:

Менеджер проекта (ПМО)

- отвечает за контроль выполнения проекта / функциональность, график и расходы;
- обеспечивает работу, руководя членами группы проекта;
- распространяет частные техзадания Приказами среди руководителей команд проекта;
- обеспечивает процесс контроля качества управления Конфигурацией через поддержку инженера по качеству;
- поддержка инженеров развивающимся процессом производства результатов;
- поддержка инженеров в устранении несоответствий и разработке корректирующих и предупреждающих действий;
- принять участие в проверки проектных результатов в соответствии с правилами компании и Заказчика, нормативной документации и требований;
- принять участие в разработке контрольных листов;
- обзор несоответствующих продуктов;
- сбор статистических данных о проверке результатов и выявленных несоответствиях;
- обеспечение обратной связи для инженеров по качеству выходных материалов;
- принять участие в проведенных совещаниях менеджера по качеству, которые направлены на проверку и поддержку процесса мониторинга.

Обязанности руководителя проекта по прочности:

- распределение инженеров прочности внутри проекта;
- составление документов прочности;
- проверки и утверждения документов прочности;
- обзор и реализации несоответствующей продукции;
- отвечает за качество результатов прочности.

Руководитель проектировщиков проекта:

- распределение сотрудников внутри проекта;
- проверка чертежей и схем;
- обзор и реализации несоответствующей продукции;
- обзор всех проектных воздействия подняты из процесса управления конфигурацией продукта;

- подготовку ответов;
- отвечает за качество проектных выходных материалов.

Руководители команд (бригад):

- сбор всех исходных данных, касающихся задач, которые предстоит решать;
- первоначальный анализ данных и определение количества оригинальных частей в плане работ для планирования по Пунктам поставки материалов;
- распределение обязанностей между членами команды и определение конкретных сроков для каждой конкретной задачи / Подзадачи;
- мониторинг выполнения работ;
- проверка чертежей и схем;
- обзор и реализации несоответствующей продукции;
- указания инженерам, направленных на высокое качество и своевременное выполнение задач (методы, правила и т.д.);
- принять участие в целевых совещаниях, направленных на обсуждение изменений в проектных/ прочностных документах для процесса разработки и мониторинга.

3Д интегратор (модератор ЭМИ):

- управление данными в цифровом макете;
- управление передачей проектных данных внутри компании и с Заказчиком;
- оказывает помощь проектировщикам в создании и сохранении структуры типовой 3Д и выявлении и устранении коллизий;
- координация резолюции с ТЛ разработки проекта и, в случае необходимости, с внешними экспертами;
- обеспечить своевременное обновление макета с последней версией модели/ чертежа, представленной командой проекта компании.

Проектировщики / Контролеры:

- создание проектной концепции, основанной на конкретных требованиях Заказчика;
- выполняют проектирование;
- взаимодействие с прочнистами для определения размеров деталей;
- разработка чертежей в связи с существующей структурой проекта;
- обновление чертежей в соответствии с вкладом от управления конфигурацией (координационные записки);
- обзор данных для точности и полноты использования контрольных листов проекта;
- обеспечение соблюдения всех стандартов и спецификаций Заказчика;
- анализ ошибок, изменения и модификации с другими дизайнерами;
- обеспечивает чертежей, удовлетворяющих требованиям.

Расчетчики прочности / контролеры:

- определить структурную целостность, основанную на предельных нагрузках, ограничение нагрузок и допустимого предела усталостной прочности;
- оценка критических режимов, такие, как ползучесть, изгиб и сдвиг;
- инструменты Анализа: использование классических формул расчетов и программ конечных элементов (например, PATRAN/NASTRAN);
- подготовка результатов расчетов для поддержки поставки чертежей;
- обзор всех данных для точности и полноты использования контрольных листов проверки проекта;
- подготовка отчетов для Сертификации ВС.

3.5. *Общение в проекте (коммуникация)*

3.5.1. *Сообщения Проекта*

Связи в рамках проекта, следуют определенным правилам внутренних документов компании, как это определено в разделе 7.1.3.2.

3.5.2. *Общение с Заказчиком*

Все аспекты общения с Заказчиком осуществляются через руководителя проекта и менеджера проекта.

Это включает в себя:

- информацию, связанную с продуктом;
- исследование потребностей Заказчика;
- отзывы Заказчика.

Внешние проверки как часть общения, и направленные на мониторинг проекта, проводятся на регулярной основе, как это определено в разделе 5.1.3.1 в настоящем документе.

Должны быть заполнены матрицы партнерского общения.

3.5.2.1. *Координационные записки*

КЗ определяют процесс и управление повседневной связью и обмен данными между Заказчиком и компанией. Отслеживание проблем, содержащихся в КЗ и необходимых действий реализуются через файл статуса действия. Открытые действия являются вкладом во внутренние обзоры проекта (см. главу пункта 5.1.3.2.1 к настоящему документу), и недельный отчет о ходе работ (см. главу 5.1.3.1 к настоящему документу).

3.5.2.2. *Список открытых позиций*

Список открытых позиций является документом компании, который используется для контроля за блокирующими пунктами, изменением входных данных и Созданием новых входных данных со стороны Заказчика.

Список открытых позиций обсуждается на каждой видеоконференции. В ходе видеоконференции каждый "Открытый" пункт должен быть рассмотрен и статус пунктов может быть изменен.

Список открытых позиций посылается компанией к Заказчику каждую неделю и контролируется.

3.6. *Обзоры управления качеством*

Внутренние обзоры Управления качеством проводятся регулярно в рамках реализации проекта со следующими целями:

- обзор Цели Качества проекта;
- гарантии, что процессы развития должным образом осуществляются в соответствии с планом проекта и применимыми нормами;
- копия свидетельства для демонстрации соблюдения процессов;
- следование целям качества для их достижения;
- определение потребности в совершенствовании и определить план действий;
- обзор индикаторов характеристик/качества проекта (Они были назначены и представлены в главе 6.2.1 к настоящему документу).

Менеджер Качества отвечает за организацию и обзор слушаний. Результат обсуждения фиксируется в протоколе.

4. УПРАВЛЕНИЕ И УСТАНОВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ

4.1. Планирование реализации продукции

Совещание по рассмотрению плана должно быть формально организовано, чтобы показать, что проект надлежащим образом планируются и что необходимые процессы определены. Целями обсуждения являются следующие:

- гарантии, что процессы проекта определены и описаны в проектной СМК
- Обеспечение того, чтобы цели в области качества и требования определяются
- Оценить, что планы выстроены в соответствии с СМК компании
- гарантии, что план проекта является реальным и последовательным
- Обеспечение наличия планов до начала соответствующих действий
- обеспечить, что определены записи, необходимые для предоставления доказательств о том, что процессы и продукты проекта отвечали требованиям
- Убедиться в том, что "уроки" из предыдущих проектов продуманы уполномоченными лицами, организующими обзоры Плана.

4.2. Процессы, связанные с заказчиком

4.2.1. Определение требований заказчика, связанных с Продуктом

Заказчиком проекта Требования обычно определены в следующих документах:

- общая спецификация работы;
- рабочие характеристики;
- рабочие Спецификации: Спецификация для развития прочности, статическая прочность и обоснование Сертификационной Документации.

Требования должны быть переданы по иерархии вниз в проект, и соблюдаться в течение всего жизненного цикла проекта.

4.2.2. Обзор Требований, относящихся к продукту

4.2.2.1. Обзор Требования Заказчика

Требования Заказчика к Продукту должны быть пересмотрены и согласованы с Заказчиком в ходе Совещания по рассмотрению работы (см. раздел 5.1.3.1 к настоящему документу), при ниже сформулированных условиях, что:

- указаны требования со стороны Заказчика;
- нормативные требования учтены;
- любые дополнительные требования, определенные компанией, будут проанализированы и согласованы с Заказчиком до приемки.

Руководитель проекта несет ответственность за поддержание оценки Требований.

4.3. Управление рисками

Риск-менеджмент определяется в плане управления рисками проекта. Управление рисками является предметом контроля качества.

4.4. Управление ресурсами

4.4.1. Людские ресурсы

Предприятие обязуется предоставить достаточные ресурсы для обеспечения надлежащего осуществления проектов. Руководство компании несет ответственность за обеспечение того, чтобы адекватные ресурсы для управления, выполнения работ и проверки деятельности были определены и доведены до соответствующего уровня в организации проекта.

Учебные программы должны быть созданы для их работы в соответствии с планом качества.

Матрицы Навыков Группы иллюстрируют навыки команды в проектировании / прочности, выделенных на проект. Менеджер по кадрам, руководители проектирования и прочности несут ответственность за мониторинг навыков команды и определение необходимой подготовки и тренингов.

4.4.2. Инфраструктура

Аппаратное и программное обеспечение компании в полной мере отвечает указанным требованиям проекта. ИТ группа поддерживает аппаратное и программное обеспечение по мере необходимости.

4.4.3. Рабочие условия по окружающей среде

Топ-менеджмент компании определяет и управляет условиями работы, необходимыми для достижения соответствия продукции требованиям.

Рабочая среда предусматривает:

- комфортные условия для участников проекта для выполнения своих обязанностей;
- соответствующие условия для хранения всех документов и данных.

4.5. Управление конфигурацией

Управление Конфигурацией является предметом контроля качества для того, чтобы процесс УК определяется правильно. Деятельность по Управлению Конфигурацией осуществляется по правил управления конфигурации (ГОСТ).

4.5.1. Описание УК

Конфигурация изделий выполняется при соблюдении следующих требований Заказчика:

- чтобы обеспечить соответствие данного продукта с его контрактной спецификацией;
- для поддержки эффективной и гибкой разработки и настройки продукта;
- для того, чтобы содействовать эффективной поддержке обслуживания;
- для выполнения юридических обязательств и норм летной годности.

4.5.2. Ответственности по конфигурации

Следующие люди определены в качестве координационных центров для управления конфигурацией в проектах компании:

- ТЛ – (Общее Управление конфигурациями проекта);
- ПМО Менеджер проекта – (процесс мониторинга);
- ИТ специалист CAD / PDM / CAE систем поддержки;
- Прочнист – (контроль по последствиям прочности);
- Проектировщик – (воздействие изменений на проектные решения, подготовка ответов на записки КЗИ);
- Интегратор 3Д ЭМИ – (согласованность между исходной 3Д моделью и нынешняя конфигурация) разработать комплект чертежей в соответствии с структурой проекта и обновлять ее в соответствии с текущей информацией из КЗИ в случае необходимости.

4.5.3. Определение конфигурации

4.5.3.1. Структура проекта

Развитие структуры Проекта начинается с Разбивки структуры работы. WBS организована как Высокий уровень разбивки всего проекта и выдается от Заказчика в ТЗ.

Подробная информация о структуре проекта, разработанная на высоком уровне разбивки является основой дальнейшего контроля конфигурации. Руководитель проекта несет ответственность за подробный проект структуры, ее развитие и утверждение у Заказчика.

4.5.3.2 Управление конфигурацией

Для каждого изменения конфигурации должен быть организован ответственный контроль. Предложения об Изменении (КП) контролируют внедрение каждой модификации, и в то же время более одного предложения может быть включено в одну модификацию.

В связи с изменением номера чертежа, а также КП, образуют уникальные идентификации конфигурации в Условиях воплощения на ВС, и определяется как смена идентификационного номера. Способ представления технической информации о содержании каждого отдельного предложения КП будет оформлен путем Извещения об изменении (лист Технических последствий КЗИ). Следующие несколько видов КЗИ принимают во внимание при описании в КЗИ на различных этапах процесса и в различных состояниях содержание эволюции:

- оценка КЗИ;
- исследование КЗИ;
- полный КЗИ;
- полное обновление/Завершение КЗИ.

Подкатегории КЗИ описывают технические воздействия участвующих служб и могут быть необходимы для выполнения КЗИ, независимо от типа. Каждый участвующий конструктор создает свои Подкатегории КЗИ, и они подтверждаются руководителем Подкомиссии КЗИ по завершению.

Вопросы разработки, связанные с информацией о производственных чертежах, которые могут быть изменены или уточнены, должен быть поднят с помощью запроса Примечания (КЗИК).

Каждая заявка должна описывать только одну проблему, или же несколько проблем, связанных с тем же чертежом могут быть сведены воедино в одном запросе.

Время для ответа КЗИК 5 дней календарных. Время для интеграции в разработку набора КЗИК составляет 20 дней.

В результате исследования КЗИ и КЗИК, наконец, вся необходимая информация должна быть включена в Комплект чертежей, если таковые имеются (см. раздел 5.1.4.2).

Все изменения должны быть задокументированы в КЗ. КЗ является единственным действительным документом для выпуска чертежа и должна быть приготовлена к каждому номеру чертежа и любым дальнейшим повышениям выпуска (новым версиям). КЗ должна дать точное описание всех изменений, внесенных в Графики и листы чертежей.

4.5.3.3. Изменение конфигурации

Когда дизайнер считает, что изменение первоначальной структуры ЭМИ необходимо, то есть какие-то номера чертежей должны быть созданы /удалены /переименованы или части должны быть введены в другой сборке т.д., то он отправляет сообщение электронной почты проектному лидеру конкретной работы (ТЛ руководитель проекта должен быть в копии) со следующей информацией:

- тема письма должна быть: изменение конфигурации ЭМИ;
- номер, выпуск чертежа;
- описание необходимой модификации;
- информация о поддержке прочности, если необходимо;
- примерное кол-во рабочих часов, необходимых для выполнения модификации.

Если руководитель проекта разработки утверждает такие изменения, то он отправляет сообщение электронной почты с одобрением дизайнеру и ставит в копию ПМО Менеджера проекта и ТЛ руководителя проекта.

4.5.3.4. Мониторинг состояния Конфигурации

Менеджер проекта несет ответственность за состояние контроля конфигурации. Статус Конфигурации пересматривается во внешних / внутренних обзорах (см. главу 5.1.3).

4.5.3.5. Аудиты Конфигурации

КЗИ мероприятия должны подвергаться ревизии для того, чтобы эти процессы надлежащим образом определить и следовать.

4.6. Документы и управление данными

Проектные документы и данные, находятся под контролем согласно процедуре управления /6/, хранятся в архиве.

4.7. Закупки

В рамках реализации проекта могут быть использованы инженерные поставщики. В случае использования поставщика(-ков) нижеуказанные процессы должны быть выполнены.

Все изделия, доставленные в компанию поставщиками, должны быть проверены в соответствии с требованиями проекта согласованными до поставки и сопровождаемыми контрольными листами к проекту.

Руководитель проекта и Инженер по качеству отвечают за соблюдение мониторинга процесса приобретения и выполнение корректирующих действий в случае любого отклонения от требований договора. Показатели качества поставщиков должны быть представлены Менеджеру по качеству для ежемесячного отчета.

5. ПРОЦЕСС РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА (разработка)

В среде ЭМИ/PLM весь процесс выпуска проектной документации использованный в рамках реализации проекта, приводится в приложении к настоящему документу.

5.1. Требования и общая концепция

Входные данные для Проектирования и разработки определены в документах, указанных в разделе 4.2.1 настоящего документа. Согласно Генеральной спецификации, следующие входные поставляются от Заказчика для компании:

- имеющиеся 3D и 2D модели, которые были созданы для разработки предыдущих блоков ВС похожего типа;
- требования к конструкции;
- ЭМИ продукты в окружении условий проекта, в том числе методы и инструкции создания 3D моделей;
- мастер-геометрия (базовые данные ВС);
- примеры (стандартный набор) чертежей для различных частей и оборудования;
- исходные 3D модели первой итерации;
- определения необходимых Интерфейсов и требований к ним;
- примеры поставочных материалов для расчетов статической прочности;
- план структуры Продукта;
- детальный план выпуска документации;
- контрольные листы для проверки выпускаемой документации.

Применяются Требования, изложенные в разделе 4.2.2.1 настоящего документа.

5.2. Архитектура продукта

Менеджер Качества должен обеспечить определение функциональной и физической архитектуры продукта и его компонентов, и что требования к продукту являются каскадными сверху вниз по архитектуре продукта.

5.3. Промежуточные совещания по Разработке и развитию продукта

Ниже будет определяться для каждого типа обзора:

- тип обсуждения;
- частота проведения;
- содержание/Цели;
- исходные материалы для обзора;
- участники обзора;
- методы документирования и учета результатов в обзоре.

5.3.1. Внешние Ревизии проекта

Компания участвует в официальных обзорах у Заказчика. Существуют три вида внешних обзоров:

- **Совещание по Проектированию**

Цель: рассмотреть текущий статус проекта, включая прочность для обеспечения эффективной работы, правильного использования Принципов проектирования и концепции разработки, отсутствие 3Д коллизий, вопросов системной интеграции между департаментами, обзор интерфейсов и выполнение требований.

Документация: протокол совещания, подготовленный компанией, согласованный представителями Заказчика (конструкторы и прочность)

- **Рассмотрение Управления проектом**

Цель: проанализировать состояние работы с точки зрения финансов, по опорным срокам.

Требуемые документы – (отчеты по статусу):

- о ходе работ по проектированию и прочности;
- о S-кривой: показывают число комплектов чертежей по компонентам, выпущенных по сравнению с планированием;
- доклад по финансам – (цель Финансового отчета – представить четкий контроль расходов с максимальной финансовой прозрачностью для обеих сторон);
- загрузка по трудоемкости работы;
- статус Веса как критической характеристики;
- о Этапах проекта – достижение по планам;
- сводный рапорт о последних достижениях;
- сводка по критическим элементам проекта.

Документация: протокол совещания, подготовленный компанией и согласованный представителями Заказчика (ТЛ и ПМО).

- **Обзор коллизий**

Назначение: обзор 3Д-ЭМИ интегратора проекта о гарантии свободы от коллизий между всеми группами проектирования.

Документация: протокол заседания, подготовленный Заказчиком .

5.3.2. Внутренние совещания

Компания проводит внутренние проверки для контроля за ходом реализации проекта по отношению к исходной технической, графиков по времени, затрат, аспекты качества и факторы риска.

5.3.2.1. Совещания группы / Обзоры проекта

а) Содержание / Цель

- Обзор действий / проблем / протоколов от заседания предыдущей недели.
- Обзор прогресса по проекту от предыдущей недели, например, проектирование, прочность, веса и т.д.
- Обсуждение / Обзор последующих мероприятий в рамках проекта.
- Обсуждение / обзор изменений графика.
- Обсуждение / обзор изменения статуса открытых или новых КЗ.

- Обсуждение /обзор изменений статуса открытых или потенциальные новые элементы технических рисков, связанных с проектом.
- Обсуждение /Обзор обнаруженных несоответствий.
- Обсуждение /Обзор работы по запросам на изменения.

б) Исходные материалы к совещанию

- Новейшие компоновки/Чертежи/Сборки – будет поставляться ТЛ.
- Последние результаты прочности – будет поставляться руководителем прочности.
- Последний результат по Весу – будет поставляться ТЛ.
- Последние обновления 3Д моделей – будет поставляться 3Д Интегратором ЭМИ.
- Открытые/Новые технические КЗ – будет поставляться ПМО.
- Открытые Акции и Протокол предыдущего заседания – будут поставляться ПМО.
- Отказы и сведения по отклонениям – будут поставляться инженером по качеству.

в) Метод документирования и включения результатов обзора в работу

- Действия будут записываться в протоколе совещания.
- ПМО будет распространять информацию по мере необходимости.

5.3.2.2. Заседания / Обзоры на уровне руководителей задач

а) Содержание / Цель

- Обзор протокола предыдущего заседания.
- Обсуждение / Обзор изменений в рамках проекта.
- Обсуждение / обзор возможных последствий на проект.
- Обсуждение / обзор изменений графика.

б) Исходные материалы к совещанию

- Открытые Акции и Протокол предыдущего заседания – будет поставляться ПМО.
- Координационные Записки из Заказчика – будет поставляться ПМО.
- информации о состоянии окружения ЭМИ (3Д модели) – будет поставляться руководителями задач.
- Структурные (конфигурации) изменений – будет поставляться в рамках проекта Лидерами проектирования/прочности.

5.3.2.3. Основной обзор проекта (внутренний ВСП) (раз в 1.5 мес.)

а) Содержание / Цель

- Статус контракта.
- Метрики Производительность / Финансы / Качество.
- Десять основных рисков.
- Техническое резюме по статусу работ.

б) Исходные данные к совещанию.

- Вопросы / проблемы, связанные с контрактом – будет поставляться ТЛ.
- показатели эффективности – будет поставляться ПМО.
- Финансовые метрики – будет поставляться ПМО.
- Метрики Качества – будет поставляться инженером по качеству.
- Сводка Отслеживание рисков (Десять основных) – будет поставляться ПМО.
- Открытые Действия и протоколы по контролю Обзора – поставляется ПМО.

Руководитель проекта несет ответственность за проведение и документирование совещаний дизайна и развития.

5.4. Проверка результатов

Контрольные действия являются предметом контроля качества для того, чтобы убедиться в том, что процесс проверки определен и правильно исполняется.

5.4.1. Контроль расчетов на прочность

- Убедиться что расчет на прочность будет осуществляться с используемыми определенными методами и инструментами.
- Проверка данных расчетного обеспечения, чтобы убедиться в следующем: Контроль структурной концепции с точки зрения нагрузок и поведения деталей.

5.4.2 Контроль Доставляемых документов Проектирования

- Проверить правильность 3D графики.
- Проверить соответствие всех инженерных чертежей и списки в соответствии с Стандартами Заказчика.
- Убедиться, что чертежи соответствуют действительным контрольным листам.

В набор чертежей входят:

- Изображения (листы).
- Графики выпуска чертежей и связанных с ним частей Использование данных.
- Записки по Изменениям с Примечанием (КЗИ).

Все указанные выше элементы должны иметь тот же номер чертежа.

Конструкторы используют каталог типовых чертежей с комментариями по особенностям оформления (учитывает особенности конкретной производственной базы).

Подтверждение чертежей и графика процесса осуществляется Заказчиком.

5.4.3. Поставки продукции

Координатор от компании у Заказчика готовит все материалы для доставки: чертежи, спецификации, 3D-модели – в PLM, бюллетени прочности, отчеты прочности.

Координатор от компании у Заказчика собирает все подписи на форму листа официальной поставки.

Компания посылает все необходимые данные (сообщения, расчетные листы, надлежащие библиотеки, ЭМИ – Общая информация (если это место закрыто софтом) и накладной) для представителя компании у Заказчика.

Обязанности представителя компании:

- направляет всю эту информацию в одной электронной почте сообщение к ответственному у Заказчика, Руководителю проекта у Заказчика и проверки доставки;
- приносит их к ответственному от Заказчика, который подписывает акт о поставке (накладную).

5.5. Контроль за изменениями проекта и разработки

Контроль за изменениями проекта и разработки является частью процесса управления конфигурации (см. главу 4.5 настоящего документа). Управление изменениями является вопросом гарантии качества для того, чтобы процесс управления изменениями был определен, и исполнялся правильно.

6. ИЗМЕРЕНИЕ, АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ

6.1. Общие положения

Компания привержена постоянному совершенствованию на основе применения показателей/индикаторов качества оценки продукции (KPI). Эти метрики уточняют текущие показатели, а также указывают, где повышение может быть требуемо.

6.2. Мониторинг и оценка

6.2.1. Удовлетворенность Заказчика

Максимальное качество (100 %) требуется для всех результатов (чертежи/прочностные листы). Допустимый уровень отклонений чертежей, не сданных с первого предъявления, должен быть менее 3 %.

6.2.2. Критерии оценки

Следующие Характеристики / Показатели качества создаются в рамках проекта по измерению и контролю удовлетворения Заказчика:

- чертежной Графики Исполнение и доставка;
- проверка формата чертежей по контрольным листам;
- бюллетени прочности Приняты;
- запросы по изменениям проекта включены в комплект чертежей.

6.2.3. Мониторинг и измерение процессов

Меры исполнения определяются и контролируются при необходимости обеспечения эффективности процессов в рамках СМК.

Характеристики / Показатели качества (см. главу 6.2.1), должны быть введены в действие через приказ.

6.2.4. Мониторинг и измерение продукции

Мониторинг и оценка соответствия продукта его требованиям достигается путем проверки (см. главу 5.1.4 к настоящему документу).

6.2.5. Запись Соблюдения

Доказательства соблюдения требований к качеству сводится в Досье качества проекта. Типичные элементы Досье качества являются следующие (но не ограничиваясь):

- план Качества;
- план Риск-менеджмент;
- обзорные доклады;
- аудиторский доклад;
- контрольные листы;
- отчет о текущем состоянии дел.

6.3. Контроль несоответствующей продукции

Обязанности и требования служат для обеспечения того, чтобы несоответствующая продукция была запрещена к использованию или непреднамеренно не доставлялась Заказчику. Процесс Контроля несоответствующей продукции является частью процесса проверки. Это обеспечивает надлежащую идентификацию, документирование, оценку, выборку (в практике), распоряжение и уведомление затрагиваемых продуктов.

6.4. Анализ данных

Компания поддерживает системы для сбора и представления показателей/индикаторов качества, которые отражают эффективность СМК. Эти показатели эффективности включают доставку материалов, измерение интеграции процесса и удовлетворенности Заказчика. Эти метрики применяют для анализа тенденций и рассмотрения Руководством компании для улучшения возможностей.

6.5. Улучшение

6.5.1. Постоянное улучшение

Компания постоянно улучшает эффективность своей системы управления качеством на основе использования политики качества, целей качества, аудитов для проверки, результаты анализа данных, корректирующих и предупреждающих действий и отчетов по качеству, в т.ч. управление рисками в рамках проекта.

Приложение П.1.4. Оценки основных характеристик персонала

1. БАЗОВЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ КОМАНДНОЙ РАБОТЫ

Возможный набор качеств, необходимый сотруднику, оценивают в баллах (баллы в каждой категории увеличиваются снизу вверх).

<i>Личная отдача</i> (одна строка)	руководство с выдвижением новых идей руководство исполнительская работа с выдвижением новых идей исполнение с разработкой методики исполнение по заданной методике исполнение отдельных частей работы
<i>Потенциальные возможности</i> (все подходящие)	теоретик и практик с опытом способность порождать прикладные идеи работоспособность умение использовать новые методы хорошее изложение информации
<i>Организационные качества</i> (все подходящие)	способность планировать работу команды умение принимать решения способность выделять главное решение задач в срок исполнительность дисциплина рабочего времени
<i>Работа в команде</i> (все подходящие)	обязательность общительность наставничество справедливость внимательность тактичность вежливость

2. ДЕТАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Можно оценивать и такой набор качеств (характеристики оцениваются соответственно намерениям руководства компании):

2.1. Творчество в работе

Стремиться к совершенствованию характеристик и преобразовать их к измеряемым факторам – время, деньги, кпд

Хранить репутацию наиболее результативного подразделения

Использовать возможности для скорейшего и эффективного решения задач

Демонстрировать профессиональную этику и хранить коммерческую тайну

Получать удовольствие от работы

Не бояться сложных проблем и нерешенных задач

Генерировать свежие идеи, позитивно принимать предложения коллег

2.2. Решение текущих задач

Постоянно улучшать профессиональную подготовку
 Использовать новые технологии (типа 6 сигма) для повышения эффективности
 Обеспечивать низкую стоимость работ - экономию средств, тренинг на месте, ликвидацию простоев
 Учитывать бизнес цели - бюджет и время
 Быть членом команды
 Предлагать передовые решения в работе
 Проводить мозговые штурмы, использовать инструменты ТРИЗ, FMEA и др.

Использовать выгоды получения прибыли

2.3. Реализация способностей

Формировать команды для решения задач (ТРИЗ, 6 сигма)
 Техучеба и мозговые штурмы на регулярной основе
 Заменить "участие" на «решение проблем под ключ» - не перекладывать ответственность на других
 Внедрять современные стандарты общения с заказчиком
 Быть эффективным в презентациях, общении, документировании
 Давать наилучшие решения и командную атмосферу
 Контакттировать регулярно с коллегами

2.4. Лидерство

Ориентировать других на общие цели
 Быть примером для коллег и сослуживцев
 Выдавать больше, чем обещано
 Возбуждать высокую энергию и энтузиазм в работе
 Добывать начальству успехи
 Определить необходимые области для персонального развития
 Активно участвовать в спортивной и общественной жизни