

**ФГБУ «Национальный исследовательский центр  
«Институт имени Н.Е. Жуковского»**

**Управление научно-технологическим развитием  
высокотехнологичной промышленности:  
проблемы и решения**

**Монография**

**Под общей редакцией  
д.т.н. А.В. Дутова, д.э.н. В.В. Клочкова**

**Москва  
НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»  
2019**

УДК 001.89:629.7

ББК 68.53, 72

Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения: монография, Москва / НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. ред. А.В. Дутова, В.В. Клочкова. – М.: НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2019. – ??? с. – ISBN ???.

Авторы:

к.т.н. К.Г. Бомштейн, С.Б. Гальперин, к.т.н. В.Ю. Гранич, М.В. Гордин, к.т.н. А.В. Кан, А.Е. Карпов, А.Л. Козлов, к. полит. н. А.В. Крутов, А.В. Куликов, д.т.н. В.П. Кутахов, А.М. Лукашов, В.В. Максимов, к.ф.-м.н. В.Л. Мирошкин, Ю.В. Овечкин, С.М. Рождественская, д.т.н. Д.Н. Сузанский, член-корр. РАН, д.т.н. К.И. Сыпало, к.т.н. Н.Б. Топоров, к.т.н. В.А. Харитон, А.В. Шакун, д.т.н. В.С. Шапкин, к.ю.н. С.Н. Эльдаров

Руководители авторского коллектива и редакторы:

д.т.н. А.В. Дутов, д.э.н. В.В. Клочков

В научном издании представлены результаты исследований и разработок НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» в сфере управления научно-технологическим развитием. В частности, освещены вопросы:

влияния качества управления развитием науки и технологий на национальную конкурентоспособность и безопасность России;

эффективного управления созданием новых технологий и наукоемкой продукции в условиях смены технологических укладов;

формирования комплексной системы управления научно-технологическим развитием, разработки ее инструментария и ее практического внедрения;

трансфера и межотраслевой интеграции технологий;

совершенствования структуры научных организаций и нормативно-правового обеспечения научно-технической деятельности.

Монография предназначена для работников органов государственного управления в сфере исследований и разработок, руководителей научных организаций и предприятий высокотехнологичной промышленности.

Текст воспроизводится в том виде, в котором представлен авторами

ISBN ??? © НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2019

## Содержание

Введение.....	5
<b>Глава 1. Эффективное управление научно-технологическим развитием как фактор национальной безопасности и конкурентоспособности России.....</b>	<b>9</b>
1.1 Прикладная наука как центральное звено национальной инновационной системы.....	9
1.2 Система управления технологическим развитием национальной промышленности.....	13
1.3 Особенности современного этапа инновационного развития экономики и военной сферы .....	16
<b>Глава 2. Современная система организации создания высокотехнологичной продукции и новых технологий.....</b>	<b>22</b>
2.1 Проблемы создания новых технологий и образцов высокотехнологичной продукции .....	22
2.2 Принцип опережающего создания научно-технического задела .....	25
2.3 Особенности планирования развития технологий при создании опережающего научно-технического задела .....	31
<b>Глава 3. Стратегическое планирование научно-технологического развития в современных условиях .....</b>	<b>36</b>
3.1 Проблемы управления научно-технологическим развитием в периоды смены технологических укладов.....	36
3.2 Иерархическая организация принятия решений в процессе планирования научно-технологического развития.....	40
3.3 Социально-экономические аспекты управления научно-технологическим развитием.....	48
3.4 Опыт стратегического управления научно-технологическим развитием за рубежом .....	54
<b>Глава 4. Комплексная система управления научными исследованиями и разработками .....</b>	<b>63</b>
4.1 Описание процессов комплексной системы управления и их взаимосвязи	63
4.2 Структура и основные подсистемы комплексной системы управления научно-технологическим развитием.....	68
<b>Глава 5. Инструментарий управления научно-технологическим развитием.....</b>	<b>93</b>
5.1 Комплекс ситуационного моделирования.....	93
5.2 Единая информационная система баз данных и знаний.....	105

<b>Глава 6. Применение новых принципов управления научно-технологическим развитием в авиастроении: примеры и результаты .....</b>	<b>141</b>
6.1 Долгосрочный прогноз научно-технологического развития авиастроения	141
6.2 Комплексные научно-технологические проекты в авиастроении.....	146
6.3 Анализ и систематизация центров компетенции в авиационной науке.....	148
6.4 Механизмы управления использованием и развитием экспериментальной и полигонной базы в авиастроении.....	159
<b>Глава 7. Эффективность трансфера технологий (на примере авиастроения) .....</b>	<b>164</b>
7.1 Анализ возможностей межотраслевого трансфера технологий авиастроения .....	164
7.2 Критерий и метод оценки экономической эффективности трансфера технологий .....	167
7.3 Анализ специфики гражданского авиастроения как «донора» новых технологий .....	173
<b>Глава 8. Межотраслевая интеграция исследований и разработок .....</b>	<b>182</b>
8.1 Виды и потенциальные эффекты межотраслевой интеграция исследований и разработок .....	183
8.2 Проблемы оценки технологической общности видов техники, выделения отраслей-лидеров и отраслей-реципиентов технологий .....	188
8.3 Прогнозирование экономической эффективности межотраслевой интеграции разработки технологий .....	194
8.4 Обоснование создания центра прикладных исследований и межотраслевой интеграции технологий .....	200
<b>Глава 9. Реформирование научно-технологической сферы в Российской Федерации: проблемы и решения .....</b>	<b>212</b>
9.1 Институциональные проблемы управления научно-технологическим развитием .....	212
9.2 Проблемы функционирования центров управления прикладной наукой .....	220
9.3 Предложения по реструктуризации российских научных организаций и их объединений .....	225
9.4 Предложения по изменению нормативно-правового регулирования научно-технологического развития.....	231
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>245</b>
<b>ЛИТЕРАТУРА.....</b>	<b>252</b>

## Введение

Эта книга отражает результаты исследований и опыт практической деятельности Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» в сфере управления научно-технологическим развитием авиастроения. ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» (далее - Центр) создано Указом Президента Российской Федерации в соответствии с федеральным законом № 326 от 04.11.2014 года и выполняет роль единого центра управления отечественной прикладной наукой в области авиастроения.

Россия обладает значительным потенциалом в сфере высоких технологий, однако он не используется в полной мере и не получает должного развития. Не в последнюю очередь причиной тому являются системные проблемы в области управления. Их решение требует не только политической воли, но и серьезного научного обеспечения. С одной стороны, наша страна обладает богатым положительным опытом управления научно-технологическим развитием, планирования и реализации масштабных проектов, которые обеспечили ее национальную безопасность, благосостояние населения, развитие человеческого потенциала. Этот опыт заслуживает сбережения и тщательного изучения. С другой стороны, изменение общественного строя и геополитические сдвиги потребовали новых решений в указанной сфере. Обширный опыт зарубежных стран, мировых технологических лидеров, также заслуживает уважения и анализа. Однако он лишь отчасти может быть использован для решения современных проблем нашей страны – хотя бы потому, что догонять и возвращать утраченные позиции приходится в иных условиях, по сравнению с лидерами. Кроме того, и передовой зарубежный опыт в настоящее время еще формируется. Не следует думать, что передовые страны мира уже имеют готовые ответы на все вопросы управления научно-технологическим развитием. Не только наша страна, но и весь мир вступает в эпоху технологических сдвигов, смены технологических укладов. В этот период высокой неопределенности управление развитием науки и технологий, планирование «технологических революций» (а Центр исходит из того, что оно не просто возможно, но необходимо) – это серьезный вызов для науки об управлении. И если нашей стране удастся найти в этой сфере удачные решения, они могут стать искомым «асимметричным ответом» в глобальной конкуренции, помочь «обогнать, не догоняя» сегодняшних лидеров.

В процессе своей деятельности Центр разработал и далее совершенствует методологию управления научно-технологическим развитием, включающую как общие принципы, новые для нашей страны и адекватные совре-

менным мировым достижениям, так и конкретные методы и инструменты. Авиастроение выступило пилотной отраслью, но разработки Центра могут быть адаптированы для многих отраслей и областей техники. Сегодня Центр является одной из немногих организаций в России, которая ставит и решает системные задачи в области управления прикладной наукой, имея в этой области как научные, так и практические результаты. Фактически, на примере авиастроения отрабатывается новая целостная система управления развитием науки и технологий.

В книге описаны структура и основные процессы этой системы управления, а также основные элементы ее рабочего инструментария. Одним из главных методологических принципов Центра является объективность управленческих решений, опора не на субъективные мнения и частные интересы, а на факты, формализованные правила и расчеты. Поэтому главными инструментами поддержки процессов управления выступают комплекс математического и компьютерного моделирования и база знаний, играющая роль единого информационного пространства для всех участников процесса научно-технологического развития.

Помимо общих методологических разработок Центра, в книге кратко представлены и конкретные результаты их применения для управления научно-технологическим развитием российского авиастроения.

Например, отражены основные положения разработанного Центром по собственной методологии долгосрочного прогноза развития науки и технологий в авиастроении, научно обоснованные предложения по организации исследований и разработок в форме комплексных научно-технологических проектов. Это конкретные ориентиры для российской прикладной авиационной науки и авиационной промышленности, иногда – неочевидные и не совпадающие со сложившимся вектором развития. Тем не менее, сделать этот «поворот» российской авиационной науке и промышленности необходимо уже в ближайшее время, еще и в силу ограниченности временных и прочих ресурсов.

Центр объединил ведущие научные организации российского авиастроения, в которых работает свыше 12 тысяч человек, десятки научных школ с мировым именем и более чем 100-летней историей. Авиационная наука представлена лишь в немногих странах мира, в т.ч. и потому, что она является исключительно капиталоемкой, требует дорогостоящей, часто уникальной экспериментальной базы. Назрела необходимость систематизации этой «ударной силы» отечественной авиационной науки, эффективного и скоординированного управления ее использованием и развитием. Поэтому Центром была проведена работа по систематизации и «паспортизации» как экспериментальной базы, так и ценнейшего актива российской авиаци-

онной науки – ее центров компетенции, т.е. научных школ, групп ведущих ученых и специалистов. На этой основе уже можно организовать научно обоснованное эффективное управление использованием и развитием потенциала российской науки.

Особое внимание уделяется новым организационным решениям в сфере исследований и разработок, которые дают нашей стране шанс на паритет с глобальными конкурентами, несмотря на меньшие масштабы и текущее отставание во многих областях науки и техники. Это межотраслевой трансфер технологий и межотраслевая интеграция исследований и разработок. В Центре созданы модели и методы оценки эффективности таких решений. Важнейший новый вывод, который следует из проведенных исследований, состоит в том, что прикладная наука не должна замыкаться в отраслевых рамках. Ей следует и распространять разработанные технологии в различные отрасли, и, наоборот, заимствовать решения, созданные в других отраслях. Продолжать замыкаться в отраслевых границах при нынешних жестких ресурсных ограничениях недопустимо.

Разрабатывая и внедряя в авиастроении систему управления научно-технологическим развитием, Центр сталкивается с практическими проблемами внедрения теоретически правильных, научно обоснованных принципов, методов, процедур. Управление сложными социально-экономическими и организационно-техническими системами отличается от формальных задач технической кибернетики. Поэтому приходится решать специфические проблемы управления изменениями в таких «живых» системах, в которых агенты обладают собственными интересами, горизонтами видения, опытом и т.п. Невнимание к этим аспектам неминуемо приводит к провалу «теоретически обоснованных» реформ. В то же время, это не просто «досадное препятствие» на пути прогрессивных методов управления – это уникальный, интереснейший материал для управленческой науки.

При этом результаты исследований и разработок Центра нередко выходят за рамки отраслевой прикладной науки. Из них вытекают рекомендации по совершенствованию нормативного и правового обеспечения научных исследований и разработок, структуры научных и промышленных организаций. Эти предложения также кратко изложены в книге.

Книга является плодом коллективного труда ученых и специалистов Центра, воплощенного в научно-технических отчетах, статьях в научных и научно-популярных изданиях, докладах и выступлениях на научных и научно-практических конференциях, симпозиумах, конгрессах, в нормотворческих инициативах и др. Разумеется, эта книга освещает далеко не все стороны деятельности Центра и ее научные результаты. Например, остались «за кадром» собственно вопросы технологического разви-

тия авиастроения – их содержательному анализу посвящены отдельные специализированные издания. Здесь сделан акцент именно на проблемах управления научно-технологическим развитием, актуальных для нашей страны в настоящее время. Надеемся, что эта книга будет интересной и полезной широкому кругу ученых и руководителей научных, промышленных организаций высокотехнологичной индустрии, работников органов государственного управления.

От имени авторского коллектива,

**А.В. Дутов**, генеральный директор

**В.В. Клочков**, заместитель генерального директора

ФГБУ «НИИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»



# Глава 1. Эффективное управление научно-технологическим развитием как фактор национальной безопасности и конкурентоспособности России

## 1.1 Прикладная наука как центральное звено национальной инновационной системы

Достижимые характеристики продукции в значительной степени определяются начальными стадиями ее жизненного цикла и уровнем совершенства применяемых технологий. Причем, технологии здесь имеются в виду не только производственные, но и продуктовые (т.е. собственно новые конструкции и принципы функционирования изделий), организационные и т.п. К настоящему моменту резервы развития современных технологий в большинстве отраслей исчерпаны, они вступили в *период технологического разрыва*, сопровождающего смену *технологических укладов*, см. [55]. Скорейший переход к новому укладу необходим для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого развития российской экономики, для обеспечения национальной безопасности страны. Однако даже при выделении значительных средств научно-технологическое развитие многих отраслей российской экономики пока нельзя признать успешным. Часто проекты создания новых продуктов реализуются с задержками, не укладываются в располагаемые объемы ресурсов, не достигаются заданные параметры перспективной продукции.

Новые знания о природе, человеке, обществе внедряются в практику, лишь будучи превращенными в технологии. Их созданием занимается прикладная наука. Совокупность научных результатов и новых технологий, используемых при создании наукоемкой продукции – *научно-технический задел* – создается в прикладной науке на базе фундаментальных знаний. Прикладная наука является ключевым звеном национальной инновационной системы, соединяющим фундаментальные научные результаты, полученные в академическом секторе, и реальный сектор экономики. Таким образом, прикладная наука является центральным звеном системы создания наукоемкой продукции и управления ее жизненным циклом. Прикладная наука является «мостом» между фундаментальными научными открытиями и реальным сектором национальной экономики, новыми товарами и услугами, а также национальной обороной.

В СССР взаимодействие науки и промышленности было двусторонним. С одной стороны, предусматривалось участие в НИР будущих разработчиков-конструкторов. Академик РАН Е.А. Федосов, длительное время руководивший ФГУП «ГосНИИАС», приводит некоторые успешные примеры тесного сотрудничества будущих разработчиков-конструкторов и прикладной науки:

- создание специального синхронного прицела для самолёта Су-24М (соучастники: фирмы «Звезда» и «Геофизика»),
- создание локатора для самолёта Су-30 (соучастники: НПО «Исток» и ряд других организаций ОПК),
- создание цифровой платформы бортового радиоэлектронного оборудования, которая базировалась на концепции интегральной модульной авионики (соучастники: РПКБ, «Котлин-Новатор», «Электроавтоматика»).

С другой стороны, реализовалось научное сопровождение реализации программ создания и развития больших технических систем. Никакой научно-технический задел, как бы он глубоко ни был проработан, не мог предотвратить массу научных проблем, которые возникали в процессе создания изделия. Возникали новые научные проблемы, которые даже не предполагались на стадии НИР. Поэтому головные институты промышленности, сопровождая опытную разработку, естественно и своевременно их решали. В правовом отношении это научное сопровождение оформлялось в виде соответствующих постановлений ЦК КПСС и Правительства СССР, где были обязательно указаны головные институты - участники опытно-конструкторской работы. Таким механизмом достигалась эффективность взаимодействия фундаментальной науки, прикладной науки и промышленности.

В головных институтах авиастроения (ЦАГИ, ЦИАМ, ГосНИИАС и др.) была сосредоточена экспериментальная, испытательная база национального масштаба. В этой связи можно назвать стенды для испытания авиадвигателей в Тураево и комплексы полунатурного моделирования в ГосНИИАС. В силу указанных обстоятельств головные институты владели нужной объективной информацией о научно-технических проблемах создания новой системы, ее внедрения в эксплуатацию. Такая ситуация возлагала на директора головного института ответственность, наравне с генеральным конструктором, за судьбу конкретного самолёта и за судьбу конкретной программы, которая реализовалась на основе соответствующих постановлений ЦК КПСС и Правительства СССР. Так формировалась обратная связь между государством и разработчиком.

Одним из наиболее значимых следствий распада СССР и советской экономики стало практическое исчезновение отраслевой, прикладной науки. В итоге даже значительный научный потенциал организаций фундаментальной науки слабо конвертируется в наукоемкие высокие технологии российской промышленности. Даже организации фундаментальной науки сохранились в большей степени – и за счет меньшей, как правило, фондоемкости и материалоемкости исследований, и благодаря тому, что они, в основном, были сосредоточены в РАН (под централизованным контролем, ис-

ключавшим, по крайней мере, бесконтрольную ликвидацию организаций). Хотя бы на уровне деклараций российское государство не снимало с себя обязанностей по финансированию фундаментальной науки. Что касается прикладной науки, которая ранее имела ведомственную и одновременно отраслевую принадлежность, управление ею и контроль за сохранением ее потенциала (в т.ч. имущества) были утрачены в большинстве отраслей ввиду ликвидации отраслевых министерств. Сейчас самостоятельная прикладная наука в России сохранилась, главным образом, в стратегически важных отраслях – в авиастроении, судостроении, ракетно-космической и атомной промышленности. Она представлена крупными научными организациями, обладающими обширной и дорогостоящей экспериментальной базой. Некоторые из них имеют вековую или более историю – например, Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ) им. проф. Н.Е. Жуковского, Крыловский государственный научный центр.

Производственные предприятия, в т.ч. в наукоемких отраслях, редко уделяли внимание прикладным научным исследованиям, в т.ч. в силу короткого горизонта планирования. В основном, они и сами решали задачи краткосрочного выживания, а не развития в долгосрочной перспективе. При этом даже предприятия, осознавшие необходимость в прикладной науке, предпочитали создавать свои научные подразделения, в т.ч. за счет кадров бывших прикладных институтов.

Отчасти деградация прикладной науки вызвана недооценкой ее роли. Так, судя по некоторым официальным документам, принятым в 2016-2018 гг., в развитии технологий и создании новой наукоемкой продукции государство делает ставку на академическую и вузовскую науку, например, см. [59]. Но и сама российская прикладная наука пока не готова решить задачу создания опережающего НТЗ нового технологического уклада. Сказывается не только потеря потенциала вследствие хронического недофинансирования в течение 25-30 лет, но и системные проблемы в сфере управления прикладными исследованиями и разработками.

Даже в тех отраслях, в которых сохранились мощные научные организации, они, в основном, решали задачи собственного выживания, сохранения экспериментальной базы и кадров – в т.ч. за счет выполнения подрядных работ в интересах зарубежных заказчиков, в рамках грантовых программ и т.п. За более чем 20-летний период сама традиция системной целенаправленной работы по созданию научно-технического задела в интересах отечественной промышленности была утрачена (пусть и по причинам кризиса самой наукоемкой промышленности, отсутствия у нее долгосрочных стратегий и способностей даже сформулировать запрос на новые научные достижения и технологии), и отраслевая наука, по существу, перестала быть

прикладной. В итоге сами ученые и руководители научных организаций зачастую не способны четко сформулировать, на создание каких технологий ориентированы те или иные проводимые ими НИР, какие характеристики перспективной продукции они призваны улучшить и насколько, какой должна быть эта перспективная продукция.

Необходима количественная оценка «полезности» прикладных НИР с точки зрения их вклада в повышение совершенства технологий, закладываемых в перспективную наукоемкую продукцию, а также оценка влияния уровня совершенства технологий на интегральные показатели достижения целей технологического развития – например, применительно к гражданскому авиастроению – доступности авиационного транспорта, безопасности авиаперевозок и т.п. Такая количественная оценка может быть получена в результате системных исследований эффективности отдельных изделий, парков изделий, техноценозов (комплексов взаимодействующих организационных и технических систем) и, наконец, экономики или обороны страны. Интегрирующая роль в таких исследованиях принадлежит отраслевой экономике, которая как дисциплина также деградировала в большинстве отраслей российской экономики, вместе с распадом отраслевой системы управления. В рыночных условиях теорию и методологию отраслевой экономики, по существу, придется создавать заново.

Также сложно оценить, на какой стадии находятся те или иные исследования, когда можно ожидать результатов – и каких именно, насколько рискованно их внедрение при создании новой продукции. Несмотря на неустранимую неопределенность, присущую НИР, даже прикладным, для облегчения ответа на последние вопросы в мировой практике развиваются системы оценки уровней готовности технологий (УГТ, или TRL, Technology Readiness Level, [84])<sup>1</sup>.

В то же время фрагментарное внедрение отдельных управленческих инноваций в российской прикладной науке не решит насущных проблем. Необходимо комплексное решение – формирование целостной системы управления научно-технологическим развитием. В этой системе прикладная наука будет как объектом, так и важным субъектом управления.

---

<sup>1</sup> Принятая в зарубежной авиакосмической промышленности шкала УГТ включает в себя девять уровней, из которых научно-исследовательские работы (НИР) охватывают первые шесть, а последующие три относятся к созданию конкретных образцов авиационной техники.

## **1.2 Система управления технологическим развитием национальной промышленности**

Страны-лидеры технологического (а также экономического) развития в мире располагают эффективными системами создания наукоемкой продукции. В странах-лидерах государство оставляет за собой функции координации, долгосрочного технологического прогнозирования и стратегического планирования научно-технологического развития, несмотря на признанные успехи частной предпринимательской инициативы, самоорганизации научного сообщества и т.п. неформальные институты. Ликвидация отставания от стран-лидеров хотя бы в сфере управления научно-технологическим развитием, его организации и методологии – настоятельная необходимость и залог обеспечения национальной безопасности России.

Вложения в прикладные научные исследования являются высокорисковыми, поэтому коммерческим структурам ими заниматься невыгодно – процесс создания новых технологий требует централизованного управления в интересах национальной экономики, общества и государства. Государство должно финансировать прикладные исследования и содержание дорогостоящей экспериментальной базы для их проведения за счет бюджета. Права на владение результатами прикладных исследований должны закрепляться за Российской Федерацией, а права на их использование – передаваться промышленным предприятиям бесплатно с условием локализации производства на территории России. Это позволит промышленности выполнить рыночные или государственные требования к характеристикам финальной продукции, повысить занятость квалифицированных кадров и предотвратить утечку технологий за рубеж. Фактически, субсидия на создание научно-технического задела – это наиболее выгодная для государства форма дотаций наукоемкой промышленности. Государственное финансирование развития науки и технологий – основной инструмент поддержки национальной экономики за рубежом, причем, не противоречащий нормам ВТО. Именно так следует рассматривать финансирование науки и функционирование ее государственного сектора.

Выделяя средства на развитие науки, государство и общество претендуют и на стратегическое управление, т.е. определение приоритетов исследований и разработок. В ведущих экономически развитых державах мира государство рассматривает эту деятельность как важнейшую свою функцию, определяя на долгосрочный период облик будущего своей страны. Причем решающую роль в стратегическом управлении прикладными исследованиями играют интегрированные структуры, объединяющие государственный сектор прикладной науки. Например, в аэрокосмической промышленности такие единые централизованные структуры созданы и в США, и в ЕС, хотя

в различных формах – государственных агентств или национальных центров.

В тех отраслях, где создаются сложные системы, например, в транспортном или энергетическом машиностроении, важно, чтобы разработка новых технологий шла скоординированным образом. Различные технологии должны быть увязаны между собой и интегрированы. Кроме того, сроки их создания должны быть согласованы между собой и с потребностями индустрии. Для этого в странах, обладающих развитой наукоемкой промышленностью, прикладная наука в соответствующих отраслях организована в виде единых государственных исследовательских центров. Они и осуществляют централизованное стратегическое планирование и координацию прикладных исследований, создавая интегрированный научно-технический задел, готовый к внедрению в промышленность. Государство берет на себя риски ранних стадий ЖЦ и поддерживает таким образом собственную наукоемкую промышленность.

На рис. 1.1 показана структура системы организации исследований и разработок в области аэрокосмических технологий в США. Центральную роль в ней играет НАСА – государственное агентство США, объединяющее прикладные исследования в области авиации и космоса.



**Рисунок 1.1 Система организации исследований и разработок в области авиации в США**

Такое же централизованное государственное управление прикладной аэрокосмической наукой построено и в Евросоюзе, см. рис. 1.2.



**Рисунок 1.2 Система управления исследованиями и разработками в области авиации в Евросоюзе**

В Российской Федерации решения о выборе приоритетов научно-технологического развития также необходимо принимать на базе научно обоснованной методологии технологического прогнозирования. Государство, согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, должно играть роль «квалифицированного заказчика» в сфере науки и технологий. Государственная система управления созданием наукоемкой продукции должна в обязательном порядке включать в себя:

- нормативно-правовую базу, в т.ч. систему Национальных стандартов и Положений о порядке создания наукоемкой продукции в различных областях техники;
- систему ресурсного обеспечения создания новых технологий и образцов продукции;
- систему организационно-структурного обеспечения вышеперечисленных процессов.

Нормативно-правовая база должна создать институциональную среду, задать правила взаимодействия участников жизненного цикла. В системе ресурсного обеспечения должны быть спланированы необходимые объемы и источники финансирования, кадровые ресурсы и т.д. Организационно-структурное обеспечение включает в себя формирование организаций и органов власти, либо изменение функций и полномочий существующих, для

успешной реализации эффективных принципов и процессов создания технологий и конкурентоспособной продукции. Ответы на перечисленные вопросы должны определяться последовательно и заранее, однако непосредственное формирование перечисленных подсистем должно идти параллельно.

В конечном счете эффективная система управления жизненным циклом наукоемкой продукции обеспечивает высокое качество научных результатов и их значимое позитивное влияние на конкурентоспособность экономики, социально-экономическое развитие страны и укрепление национальной безопасности.

### **1.3 Особенности современного этапа инновационного развития экономики и военной сферы**

В советское время до 40% всех разработок осуществлялось в интересах оборонно-промышленного комплекса. Тогда этого требовала внешнеполитическая обстановка, связанная с противостоянием двух политических систем. Между крупнейшими мировыми державами шло соревнование в научно-технической сфере, и заслуга отечественной науки и техники в том, что в важнейших научно-технических областях (освоение космоса, ядерные технологии военного и гражданского назначения, авиационная и ракетная техника, внедрение Единой энергетической системы, технологии сварки металла и металлических конструкций, и многое другое) Советский Союз развивался опережающими темпами, обеспечивая паритет в критически важных областях.

В 90-х гг. XX века в нашей стране наступили перемены, связанные с переоценкой ценностей, как в материальной, так и в духовно-нравственной области. В условиях проводившихся реформ наука не получала необходимой поддержки и, главное, становилась невостребованной. Научные и технические результаты, если они не приносили сиюминутных выгод, отвергались «реальным сектором» и государственными органами власти. Вслед за этим сокращалось финансирование исследований и разработок со стороны государства, притом что их выполнение требовало всё больших затрат на современное оборудование и испытательную базу. К тому же появилась возможность широко использовать даже в военной технике элементную базу, отдельные устройства и системы, производимые за рубежом. Это приводило к массовому свертыванию отечественного высокотехнологичного промышленного производства.

За последние 25-30 лет наша страна понесла ощутимые потери. Это утечка и старение научных и инженерных кадров, отсутствие мотивации к работе в сфере науки, устаревание материально-технической базы вследствие хронического недофинансирования. Остаточный принцип финансирования отечественных научных исследований в рамках государственной програм-



мы вооружения привел к сокращению объема научно-технологического задела для создания перспективного вооружения. Лишь с 2010-х гг. вновь проявляется заметное внимание высшего военно-политического руководства страны к состоянию оборонно-промышленного комплекса, развитию научных исследований.

В силу описанных исторических условий Россия серьезно отстала от мировых лидеров в сфере современных промышленных и военных технологий. Специалисты Фонда перспективных исследований в своем анализе условно выделяют несколько групп наиболее важных технологий военного назначения, расставив их по принципу уменьшения компетенции.

- **Группы высокой компетенции.** В данных группах Россия обладает практически всем набором необходимых технологий, обеспечивающих самостоятельное развитие отраслей с некритической зависимостью от импорта или отсутствием такой зависимости, а также обладает возможностями для совершенствования и развития своего потенциала: боевая авиационная и ракетная техника и технологии, производство двигателей для боевых самолетов; неавианесущие боевые надводные корабли, подводные лодки; боевые бронированные машины среднего и тяжелого класса; средства ПВО и ПРО всех диапазонов дальности.
- **Группы недостаточной/частично утраченной компетенции.** Это: вертолеты и оборудование для них, производство вертолетных двигателей; военно-транспортные самолеты, коммерческая авиация; автотранспорт, легкие боевые бронированные машины, производство современных дизельных двигателей небольшой и средней мощности, коробок передач; средства связи и управления для сухопутных войск; беспилотные летательные аппараты легкого и среднего класса, беспилотные подводные аппараты, наземные роботы, двигатели и оборудование для них; стрелковое оружие, снаряжение пехотинца, средства индивидуальной защиты; современные системы наземной ствольной артиллерии; авианесущие корабли, корабли управления, универсальные десантные корабли; воздушнонезависимые энергетические установки для неатомных подлодок; космические аппараты.
- **Группы низкой компетенции.** Это электронная компонентная база; оптические системы; турбовинтовые двигатели для вертолетов легкого класса и легких самолетов; БПЛА тяжелого класса и ударные.

При этом мир стоит на пороге нового технологического уклада, базирующегося на открытиях в областях биотехнологий, нанотехнологий, новых материалов, информационно-коммуникационных и когнитивных технологий. В принципе, это даже открывает перед нашей страной возможности наверстать

сложившееся отставание от лидеров, успешно встроившись в новую технологическую волну. Однако успех ее освоения отнюдь не гарантирован – напротив, России необходимо устранить недостатки в управлении научно-технологическим развитием, которые привели в т.ч. к нынешнему отставанию.

В современном мире конкуренция компаний и целых стран усилилась, стала более ожесточенной, активно применяются методы вооруженной борьбы как средства разрешения противоречий. Причем, идеология взаимовыгодного сосуществования уступила место идеологии антагонистической борьбы, в которой проигравший теряет все. Таким образом, национальная конкурентоспособность и состоятельность в глобальном технологическом соревновании становятся залогом национальной безопасности, выживания страны и ее населения.

Научно-техническая революция и глобализация привели к качественным изменениям в процессах инновационного развития технологий. Традиционно, начиная с трудов Й. Шумпетера, в экономической теории инноваций последние рассматривались как средство достижения конкурентного преимущества. Производитель, разработавший инновационный продукт или процесс его производства, мог получать дополнительный доход от продаж новшества, экономию издержек и, в конечном счете, сверхприбыль. Технологическое преимущество в военно-политической сфере играет даже большую роль, чем в экономической. Страны-лидеры в технологическом развитии достигают гораздо больших успехов, чем страны, богатые ресурсами – более того, подчиняют их себе и получают гораздо большую выгоду от этих ресурсов, чем их владельцы.

Однако в современном глобализированном мире барьеры для диффузии технологий снизились, сами по себе технические новшества можно купить, как и компетенции по их разработке. Таким образом, происходит конвергенция в технологическом развитии, возможности разных фирм и стран уравниваются, инновационная рента (как в узком коммерческом смысле, так и в военно-политическом плане) исчезает. Впрочем, и масштаб страны, потенциальная емкость рынков имеют значение для развития технологий – при прочих равных, чем больше страна, тем выше экономически оправданные затраты на исследования и разработки, а также тем больше «критическая масса» исследователей и разработчиков новых технологий<sup>2</sup>. В этих условиях на первый план выходят не столько технологические инновации (продуктовые или процессные), сколько организационные, возможность быстро собрать необходимые компетенции, организовать создание нового продукта и вывести его на рынок (соответственно, принять на вооружение). Т.е. на

---

<sup>2</sup> Подробнее см. работы [74, 85], посвященные влиянию масштабов экономической системы на возможности развития технологий и наукоемкой промышленности.

смену ресурсной конкуренции и конкуренции технологической (которые были характерны на предыдущих этапах развития человечества) приходит временная конкуренция. В ней значительную роль играют организационные технологии (в т.ч. новые методы управления созданием опережающего научно-технического задела, позволяющие создавать новую наукоемкую продукцию с низкими рисками и в заданные сроки, подробнее см. [28, 47]) и поддерживающие их информационные технологии (автоматизированное проектирование и производство – CAD/CAM/CAE, технологии компьютерного моделирования и т.п., см. [40, 43]).

Но и в этой сфере резервы роста и получения конкурентного преимущества ограничены. Кратковременное превосходство над конкурентами в коммерческой сфере далеко не всегда обеспечит значительную сверхприбыль. Тем более, оно не вызовет эффект блокировки, позволяющий не пустить опоздавших конкурентов на рынки (поскольку продукция инноватора уже заняла большую часть рынка, накоплена «критическая масса»). Кроме того, скорее, Российская Федерация не выйдет победителем в такой инновационной гонке – напротив, существует множество примеров того, как технологическое лидерство было упущено нашей страной из-за низкой мобильности промышленного производства, недостаточной оперативности принятия решений. В военно-политической сфере относительно недолговечное преимущество технологического лидера либо требует немедленной реализации в форме радикальных действий (не всегда приемлемых даже для самих лидеров), либо оно будет со временем нейтрализовано, и паритет восстановится.

Например, после Второй Мировой войны США получили такое преимущество над всеми остальными странами, в т.ч. над СССР, создав и приняв на вооружение ядерное оружие (более того, даже применив его в рамках акции устрашения). Однако это не привело к немедленному реформатированию миропорядка под диктатом США (тогда США пришлось бы немедленно начать масштабную ядерную войну, для чего не было не только политических условий, но и возможностей – по количеству ядерных зарядов и их носителей). А уже через несколько лет СССР также создал и ядерное оружие, и средства его доставки, и затем обеспечил военно-политический паритет с США на несколько десятилетий.

В условиях ужесточения ресурсных ограничений становится особенно актуальным повышение эффективности прикладных исследований и разработок, направленных на создание новых технологий для различных отраслей и видов техники. В настоящее время поиск путей совершенствования организации прикладной науки идет в нескольких направлениях. Активно развиваются методы управления созданием научно-технического задела, НТЗ [47, 53], как на тактическом уровне, так и на стратегическом, включая

централизованное программно-целевое планирование НИР в интересах каждой отрасли, целеполагание на основе количественных показателей эффективности разрабатываемых технологий. Эти методы позволяют существенно повысить «полезность» создаваемых технологий с точки зрения отраслей, в которых они будут применяться, эффективности и конкурентоспособности их продукции. В то же время, даже этих необходимых мер недостаточно для обеспечения глобальной конкурентоспособности России, объективно уступающей странам-лидерам не только по уровню текущего развития, но и по масштабам. Требуется «прорывные» организационные инновации в сфере управления исследованиями и разработками, и такие решения будут рассмотрены далее.

Как показал проведенный выше анализ, на первый взгляд, нынешние позиции нашей страны в описанных условиях весьма пессимистичны. Относительно малые масштабы и емкость внутреннего рынка ограничивают ресурсные возможности. Традиционное отставание в организационном плане, низкая мобильность производственных систем, инертность систем управления (государственных и корпоративных) делают маловероятным и лидерство во временной конкуренции (хотя соответствующие слабые стороны необходимо устранять – это вопрос национальной безопасности). Означает ли это неизбежный проигрыш нашей страны в стратегической перспективе в экономике и в оборонной сфере? Разумеется, такой исход нельзя признать приемлемым, необходимо искать выход. Он, как это уже не раз бывало в отечественной истории, должен быть асимметричным, поскольку традиционные решения, идеология догоняющего развития гарантированно приводят к проигрышу. На наш взгляд, резервы такого асимметричного ответа, частично уравнивающего шансы нашей страны в конкуренции с глобальными лидерами, лежат в области принципов создания новых технологий и наукоемкой продукции.

России необходима новая организация самого процесса научно-технологического развития, которая дает шансы достичь паритета в глобальной конкуренции со странами-лидерами, многократно превосходящими нашу страну по масштабам, ресурсным возможностям, организационным технологиям, мобильности и степени информатизации. Можно заметить, что и ранее прорывы, которые обеспечили выживание нашей страны в крайне неблагоприятных условиях, относятся к категории «уравнивающих шансы». С созданием ракетно-ядерного оружия изменилась философия вооруженной борьбы: достигнуто политическое равновесие, и поддерживается паритет в области стратегических наступательных вооружений между странами, обладающими таким оружием. Именно ядерное оружие позволило обеспечить военно-политический паритет и глобальную стабильность на несколько десятилетий, несмотря на то, что СССР все-таки уступал объ-

единенному «западному миру» и в экономическом, и в ресурсном отношении, и в гонке обычных вооружений неминуемо проиграл бы, поскольку ресурсы на содержание армии и производство ВВСТ были многократно меньшими, чем у конкурентов, даже в период наивысшего могущества страны. Однако ядерное оружие обладает потенциалом сдерживания, который делает бессмысленной агрессию против ее обладателя, безотносительно к разнице масштабов и ресурсных возможностей<sup>3</sup> (поскольку неважно, может ли одна страна уничтожить весь мир десять раз, а ее потенциальные противники – сто раз). Т.е. традиционно считавшаяся пропорциональной связь экономического потенциала и военной мощи страны<sup>4</sup> изменила свой характер, и уже нельзя однозначно утверждать, например, что втрое более крупная и богатая держава втрое сильнее в военном плане. Аналогично, ряд технологий, появившихся в период научно-технической революции (в энергетике, транспорте, сельском хозяйстве) уравнивали шансы России с ее конкурентами, несмотря на известные проблемы экономического развития, обусловленные ее природно-географической спецификой. Сейчас технологии все-таки в большей степени, нежели естественные ресурсы, определяют место страны в мире, ее конкурентные и военно-политические позиции. И теперь такой «уравнивающей шансы» инновацией – на сей раз, организационной – может стать новая, более эффективная в эпоху смены технологических укладов, организация исследований и разработок.

---

<sup>3</sup> В теории военной экономики этот эффект называется эффектом Пожарова, по имени профессора ВАГШ А.И. Пожарова [23].

<sup>4</sup> Тем более, что эта связь явным образом проявлялась еще совсем незадолго до создания ядерного оружия, во Второй Мировой войне, которая и стала «войной промышленных потенциалов», «войной ресурсов».

## **Глава 2. Современная система организации создания высокотехнологичной продукции и новых технологий**

### **2.1 Проблемы создания новых технологий и образцов высокотехнологичной продукции**

При создании новых образцов вооружений, военной и специальной техники (ВВСТ) наблюдаются систематические сдвиги сроков, перерасход ресурсов, недостижение изначально заданных ТТХ, что снижает обороноспособность государства в условиях усиливающихся глобальных угроз и ужесточения ресурсных ограничений. Так, при выполнении ОКР А-100 («Премьер») срок разработки увеличился на 2 года, а расходы выросли на 50%, при выполнении ОКР по модернизации самолетов типа МиГ-31 до варианта МиГ-31БМ срок разработки увеличился на 2 года, а расходы выросли на 100%, а при создании по планам модернизации российского подводного флота подводной лодки проекта 885 «Ясень» срок разработки увеличился на 8 лет, а расходы выросли на 500% (согласно источнику [11]).

С аналогичными проблемами Министерство обороны США (DOD) столкнулось еще в 1980-е гг. при реализации чрезвычайно дорогостоящих программ разработки и производства тактического ударного самолета F-117 и стратегического бомбардировщика B-2, эффективность которых в системе вооружения не оправдала ожиданий (связанных с использованием стелс-технологий), а принятие на вооружение и достижение операционной готовности происходили со значительными задержками.

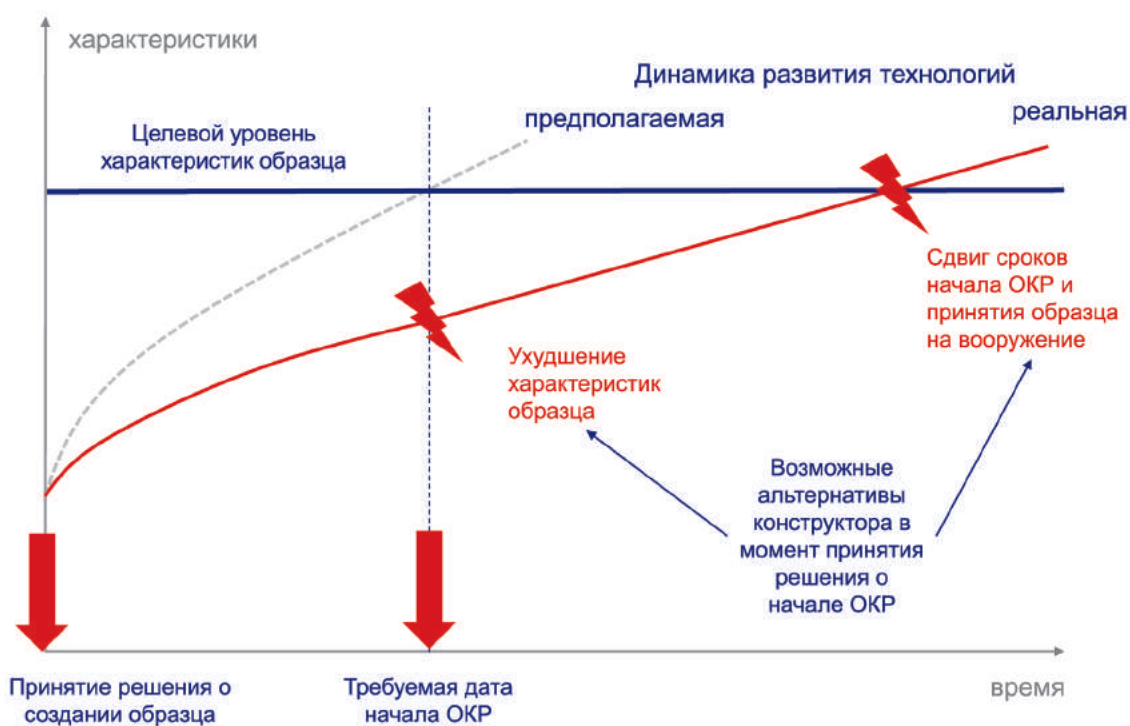
Перечисленные негативные явления вызваны системными проблемами в сфере управления исследованиями и разработками. Используемые в настоящее время принципы планирования и организации процессов создания новых технологий и образцов ВВСТ не учитывают их объективные особенности, прежде всего, их высокорисковый характер, из-за которого традиционные методы планирования становятся неэффективными в сфере исследований и разработок.

Жесткая фиксация детальных требований к перспективным образцам ВВСТ и самой номенклатуры этих образцов до того, как отработан весь комплекс необходимых технологий, приводит к тому, что

- требуемые ТТХ перспективных образцов получены на основе экспертных оценок без полноценного системного анализа их применения в рамках систем верхнего уровня (группировок вооруженных сил), что приводит к не востребуемости образцов в рамках концепции вооруженной борьбы или к несоответствию отдельных ТТХ требуемым в системе;

- попытки удовлетворить предъявляемым требованиям ведут к увеличению длительности «догоняющих» НИР, нацеленных на разработку технологий с заданными характеристиками, и перерасходу выделяемых на них ресурсов, к запаздыванию постановки новых образцов на производство и принятие на вооружение;
- эти требования оказываются невыполнимыми в рамках планового периода, и в дальнейшем корректируются в сторону снижения, что часто приводит к неэффективности нового образца ВВСТ в системе вооружений;
- либо, для снижения этих рисков, задаются гарантированно выполнимые консервативные требования, что приводит к низкой эффективности новых образцов ВВСТ или к постоянной эволюционной модернизации имеющихся образцов, не позволяющей обеспечить эффективный асимметричный ответ на возникающие глобальные вызовы.

На нижеследующем рис. 2.1 схематично изображены описанные альтернативы и их последствия.



**Рисунок 2.1** Возможные риски создания новых образцов ВВСТ в условиях неготовности научно-технического задела

В конце 90-х - начале 2000-х Министерство обороны США запланировало увеличить к 2001 году инвестиции в разработку новых систем вооружения до 60 млрд. USD что на 40% превышало расходы 1997 года. (в ценах 1997 года). Тогда была осознана необходимость новых подходов в управлении

разработками новых технологий и систем вооружения. Совершенствование систем управления было направлено на качественное улучшение характеристик ВВСТ, снижение его стоимости и сокращение вдвое срока разработки и постановки на вооружение.

В результате проведенного анализа в рамках исследования GAO NSIAD-99-162 Министерство обороны США и Счетная Палата (GAO, General Accounting Office) установили, что основным фактором успеха программ явилось созревание технологий до включения в новые продукты, в то время как основным источником проблем в системах вооружения являются незрелые технологии. Примеры зависимости увеличения роста стоимости и сдвига сроков от уровня готовности технологий (УГТ, или TRL, Technology Readiness Level, подробнее см. [84, 88]) на момент проведения оценки GAO – 1999 г. – приведены в таблице.

Разработка продукта и связанных технологий	TRL при инициации программы	Рост стоимости	Сдвиг сроков
<b>Вертолет Comanche</b>			
Винтомоторная группа	5		
система инфракрасного лобового обзора/ интегрированная авионика/head-up display	3	101%	120%
<b>Brilliant Anti-Armor submunition</b> (управляемый противотанковый снаряд)			
Акустический сенсор/инфракрасный искатель/головная часть/процессор данных/инерциальный измерительный блок	2-3	88%	62%
<b>Спутник Hughes HS-702</b>			
Солнечная батарея	6	нет	нет
<b>Автомобиль Ford Jaguar</b>			
Адаптивный круиз-контроль/ активируемый голосовой контроль	8	нет	нет

По итогам анализа хода и результатов исполнения сложных долгосрочных оборонных программ были выявлены следующие основные причины значительного срыва сроков и удорожания программ (помимо инфляции).

- Как правило, обязательство разработать и производить систему вооружения принимается Разработчиком/Производителем задолго до того, как достигнуто соответствие между уровнем готовности технологий и требованиями Заказчика к системе вооружений.



- Программы по разработке и использованию ВВСТ реализуются в разных системах, что приводит к дублированию расходов и параллельной разработке почти аналогичных технологий в рамках разных продуктов, а не отдельно от разработки продуктов.
- Проблемы с финансированием затрудняют для организаций прикладной науки достижение высоких уровней готовности технологий, необходимых для удовлетворения требований к продукции; такие финансовые и др. ресурсы доступны только в рамках разработки продукта.
- Требование Заказчиков достичь результатов, необходимых для получения финансирования, поощряет Разработчиков/Производителей включать перспективные, но незрелые технологии в конструкции систем вооружений.

## 2.2 Принцип опережающего создания научно-технического задела

На основе научного анализа и обобщения отечественного и зарубежного опыта установлено, что для создания эффективных образцов ВВСТ в срок и в пределах располагаемых ресурсов требуется новая система организации разработки новых технологий и создания новых образцов ВВСТ, основанная на концепции *опережающего создания научно-технического задела*. Согласно определению из источника [51], научно-технический задел (НТЗ) – это совокупность результатов фундаментальных, поисковых, прикладных исследований и технологических разработок, которые необходимо получить к моменту перехода к стадии опытно-конструкторских работ. Такое определение уже соответствует опережающему характеру создания НТЗ по отношению к стадии ОКР в жизненном цикле конкретного образца ВВСТ. В существующей системе организации процессов разработки новых технологий и образцов ВВСТ уже сейчас заложено (хотя и часто не выполняется) следующее требование. Стадия ОКР должна начинаться по окончании прикладных НИР по созданию необходимых для разработки данного образца технологий. Прикладные НИР в обеспечение создания образца ВВСТ являются в традиционной системе первой стадией его жизненного цикла.

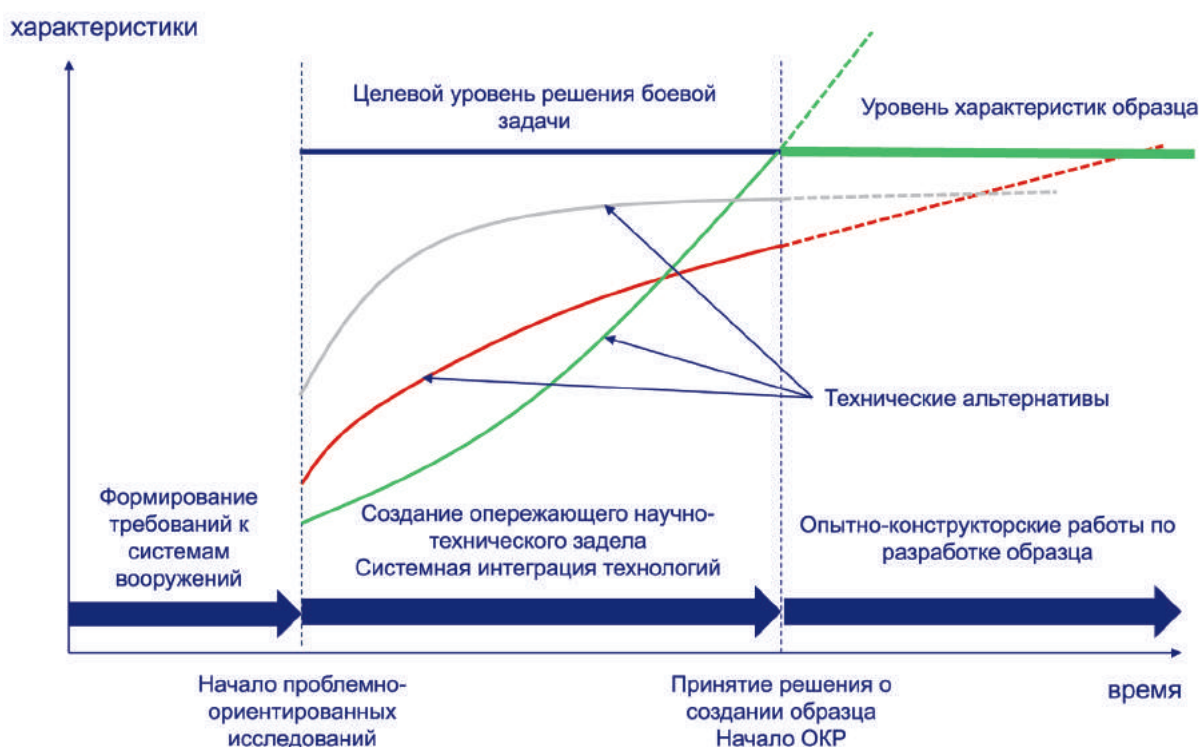
Однако, в соответствии с концепцией опережающего создания НТЗ, зрелый научно-технический задел необходимо создавать даже не к моменту начала ОКР, а к моменту принятия решения о создании конкретного образца (образцов) ВВСТ<sup>5</sup>. При этом требования к перспективным образцам ВВСТ и новым технологиям вначале формулируются не детально, а только на верхнем (системном) уровне, определяющем задачи этих образцов в системе вооружения, но не конкретные пути их решения, поскольку они могут быть альтернативными. Стратегическое планирование развития науки и технологий

---

<sup>5</sup> Подробно различие принципов принятия решений о создании образцов описано в работе [4]

реализуется на основе принципов системного инжиниринга [46], методами математического моделирования применения будущих образцов ВВСТ в составе системы вооружения при решении целевых задач.

Учитывая вероятностную природу высокорисковых исследований [34], поиск новых идей и технических решений должен проводиться в рамках проблемно-ориентированных исследований (подробнее см. [47, 53]) по нескольким альтернативным направлениям, поскольку в начале процесса исследований и разработок неясно, какие именно новые идеи и технические решения будут, хотя бы, работоспособными (реализуемыми) и, тем более, самыми эффективными. Наглядно целесообразность такой диверсификации прикладных исследований отражена на рис. 2.2.



**Рисунок 2.2 Целесообразность поиска альтернативных технических концепций для решения задач перспективных ВВСТ**

Затем, по результатам первичной оценки и отбора, проводится системная интеграция наиболее перспективных технологий в рамках целостных обликов, концепций перспективных образцов ВВСТ. Рациональный состав технологий, включаемых в эти концепции, определяется в ходе *концептуального проектирования* [46].

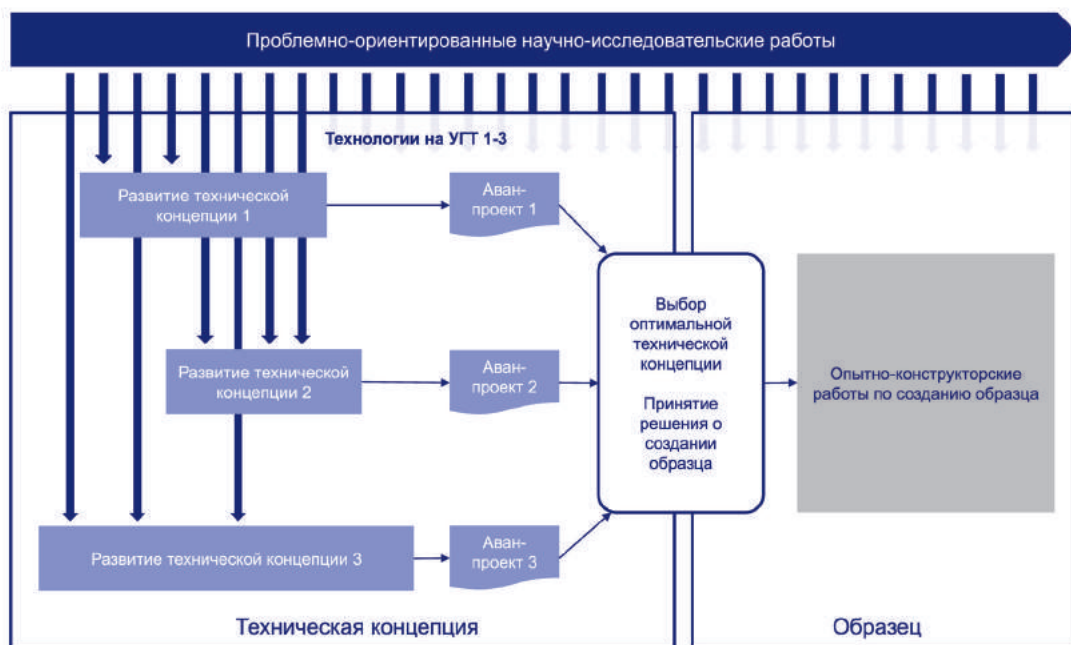
Совокупность интегрированных новых технологий отрабатывается в рамках *комплексных научно-технологических проектов* (подробнее см. [47, 53]) для снижения рисков до уровня готовности, позволяющего применять этот научно-технический задел в промышленности (УГТ 6, по шкале уровней готовности технологий, подробнее см. [88]).

На основе сравнения *аванпроектов* [46], выполненных в рамках альтернативных концепций (обликов) перспективных образцов ВВСТ, и сопоставления

- уровней готовности технологий, входящих в эти концепции (облики);
- необходимых затрат времени и прочих ресурсов для реализации данной концепции;
- соответствия характеристик образцов, которые могут быть созданы в рамках данного облика, системным требованиям верхнего уровня,

принимается окончательное решение о фиксации номенклатуры перспективных образцов ВВСТ, конкретных требований к ним, и разработке этих образцов под заданные требования.

Состав процессов создания НТЗ и разработки образцов ВВСТ, взаимосвязь их этапов и точки принятия решений изображены на рис. 2.3.



**Рисунок 2.3 Связь процессов создания научно-технического задела и новых образцов ВВСТ**

В описанной системе организации создания новой продукции полностью учитывается высокорисковый характер инновационных разработок с высоким уровнем новизны, необходимых для создания прорывных образцов ВВСТ и обеспечения асимметричного ответа России на глобальные угрозы. Концепция опережающего создания научно-технического задела создает условия для разработки новых эффективных (в рамках системы вооружений) образцов ВВСТ с требуемым уровнем характеристик в короткие сроки, в рамках ограниченных ресурсов, с приемлемым уровнем риска.

В СССР создание новых авиационных систем и комплексов обеспечивалось двумя процессами: процессом конструирования и процессом проектирования. Причем процесс проектирования занимал всё больше времени и ресурсов. Процесс проектирования самолёта начинался с системных исследований. И поскольку самолёт рассматривался как сложная техническая система, вначале надо было сформировать общую концепцию, а прежде – сделать общий обзор: в каком состоянии находятся необходимые технологии, насколько они готовы к использованию в процессе проектирования. На этапе концептуального проектирования можно было максимально использовать последние научно-технические достижения других направлений технических и фундаментальных наук. Т.е. уже предполагалось опираться на имеющийся задел и анализировать его перед формированием концепции. В то же время решение о создании образца все-таки принималось в самом начале, тогда как при опережающем создании НТЗ сначала рассматривается широкий спектр альтернативных концепций, направленных на решение задач верхнего уровня.

Избыточность научно-технического задела – это одно из основных условий успешного научно-технологического развития. Именно поэтому ведущие зарубежные страны уделяют созданию опережающего НТЗ столь значительное внимание. В частности, в США ориентация на заблаговременное создание НТЗ привела к тому, что военным «товаром», закупаемым в рамках государственного оборонного заказа, стали не только материальные объекты, но и знания. Особенно возрос интерес министерства обороны США к новым технологиям и так называемым «нововведениям». Создание научно-технического задела, полномасштабные опытно-конструкторские разработки, серийное производство вооружений – все эти этапы обладают в США общим свойством: строгим соблюдением принципа «инновационной воронки», сужения фронта работ по мере приближения от поисковых исследований к образцу, принимаемому на вооружение. Реализация этого принципа приводит к тому, что количество проводимых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ заведомо превосходит номенклатуру образцов, которая будет закуплена и поступит на вооружение. Поэтому при закупках государственно-му заказчику всегда есть из чего выбрать, а здоровая конкуренция вынуждает разработчиков «выкладываться» в процессе выполнения ОКР. Точно так же с большим запасом создаются новые технологии, а наиболее удачные и прорывные «нововведения» естественным путем побеждают по конкурсу. На первый взгляд, такой подход к управлению развитием ВВТ требует дополнительных средств на разработку образцов, подготовку технологических процессов, научный и технический поиск. Однако эта избыточность, во-первых, оправдана временным выигрышем. Во-вторых, попытки все-таки достичь требуемых характеристик нового образца в процессе догоняющих НИР часто обходятся существенно дороже – см. примеры в начале этой главы.

Эффективность предлагаемой системы управления созданием новых технологий и образцов ВВСТ подтверждается как математическим моделированием (см. [64]), так и мировой практикой. По результатам базового исследования GAO NSIAD-99-162 Счетная Палата США рекомендовала Министерству обороны произвести значительные процедурные, организационные и др. изменения, чтобы исключить из практики появление значительных разрывов между первоначально планируемыми и фактическими характеристиками, стоимостью и сроками создания новых систем вооружения:

- устанавливать базовую стоимость, сроки и показатели эффективности для разработки и производства системы (образца) вооружений, а также принимать решение о создании нового образца ВВСТ, в тот момент, когда достигается промышленный уровень зрелости ключевых технологий;
- обеспечить нормативно достижение приемлемого уровня риска для включения новых технологий в разрабатываемый продукт: требовать достижения технологиями высокого уровня зрелости, TRL 6-7, прежде чем включать технологию в программу разработки конечного продукта;
- уполномочить руководителей программ разработки отказываться от принятия и включения в продукт ключевых технологий с низким уровнем продемонстрированной зрелости и высоким уровнем риска;
- для снижения риска предусматривать внедрение в продукт альтернативных (резервных) критических технологий без ущерба для показателей эффективности, т.е. диверсификацию технологий, описанную выше.

Внедрение новой системы управления, рекомендованной GAO, происходило в ОПК США около 10 лет и сопровождалось серьезными организационными проблемами, встречая сопротивление некоторых заинтересованных групп (особенно в частных корпорациях ОПК). Тем не менее, анализ достигнутых в период с 2001 по 2016 года результатов показывает значительные положительные сдвиги по всем показателям. Так, например, при общем увеличении количества программ в 2015 году (с 2014 года) до 79, общая стоимость снизилась на 15 млрд. долл. 85% программ было выполнено в срок или досрочно, а со сдвигом до 6 месяцев – 10%. Особенно сильный позитивный результат принесло внедрение механизма планирования резервных критических технологий, т.е. диверсификации технологий для снижения риска. В мае 2004 года началась разработка на базе «Боинг-737» противолодочного самолета Р-8А «Посейдон» с 4 критическими технологиями, ни одна из которых не была зрелой, когда началась разработка. Однако в программе были определены резервные зрелые технологии для каждой из четырех критических технологий, что все равно позволило Р-8А

удовлетворить минимальным требованиям Заказчика в установленный срок в рамках выделенных ресурсов<sup>6</sup>.

Тем не менее, несмотря на научно обоснованную эффективность создания новой наукоемкой продукции на базе опережающего НТЗ и вышеописанных принципов стратегического планирования инновационной деятельности, реальная практика развития российской наукоемкой промышленности этим принципам, чаще всего, не соответствует. Многочисленны примеры того, как ОКР начинаются без необходимого НТЗ (а именно, интегрированной, взаимовязанной совокупности технологий, достигших промышленного уровня готовности, УГТ 6). В лучшем случае, необходимые НИР планируются одновременно, параллельно проектированию изделия, как «сопровождающие». Когда в процессе этих параллельных, «догоняющих» НИР, или в ходе разработки, испытаний, доводки изделия вскрываются технологические проблемы, приходится возвращаться на предыдущие этапы проекта, требуются переделки, повторное проведение части ОКР (при этом что необходимые прикладные НИР все равно придется провести). Именно с этим связаны сдвиги сроков создания всех без исключения новых образцов наукоемкой продукции в таких отраслях российской промышленности как авиастроение, судостроение, транспортное и энергетическое машиностроение и т.п. Возникает вопрос о мотивах такого поведения разработчиков и производителей.

В том гипотетическом случае, если изначально принятые разработчиками технологические решения окажутся верными, безошибочными, и будут лишь подтверждены в результате прикладных НИР, общая длительность стадий исследований и разработок, в самом деле, может сократиться по сравнению с их «правильной» последовательностью. А именно, вместо суммы

$$T_{\text{НИОКР}} = T_{\text{НИР}} + T_{\text{ОКР}},$$

она составит

$$T_{\text{НИОКР}} = \max\{T_{\text{НИР}}; T_{\text{ОКР}}\}$$

(здесь предполагается, что даже при завершении ОКР все необходимые прикладные НИР придется провести, прежде всего, для достоверного подтверждения надежности и безопасности созданного изделия, и т.п.).

Относительный выигрыш в общей длительности программы исследований и разработок при такой «торопливой» их организации будет тем выше, чем ближе друг к другу длительности стадий НИР и ОКР. При их равенстве друг другу выигрыш может достичь двукратного. Однако он реализуется лишь в том, не очень вероятном случае, если разработчикам без приклад-

---

<sup>6</sup> Согласно источнику: GAO, Defense Acquisitions: Оценки отдельных программ вооружения, GAO-08-467SP. Вашингтон, D.C. 21 марта 2008 г.

ных НИР удалось «угадать» верные технологические решения. В современной истории высокотехнологичных отраслей промышленности такие случаи не встречаются. В принципе, разработчики изделий могут идти на соответствующий риск сознательно, фактически, выбирая т.н. «оптимистическую» стратегию [25, 73], т.е. рассчитывая на самый благоприятный для себя исход (хотя он, разумеется, не гарантирован и даже маловероятен), поскольку более осторожные гарантирующие стратегии приводят к заведомо неприемлемому результату. Это, по крайней мере, единственно возможное логическое обоснование перехода к ОКР без достаточного НТЗ.

Подчеркнем, что шансы, даже малые, на ускорение программы НИОКР – это именно единственно возможное оправдание описанной, весьма распространенной, стратегии поведения организаций промышленности. Что касается их истинных мотивов, разработчики и производители, как правило, просто рассчитывают на скорейшее получение значительных дотаций из государственного бюджета на самые капиталоемкие стадии ЖЦИ, а именно на разработку и подготовку серийного производства изделий. При этом значительная часть этих средств будет затрачена непродуктивно, поскольку после доводки изделий по итогам «догоняющих» НИР требуются масштабные переделки и изменения конструкции, технологий производства, оснастки и оборудования, и т.п. Т.е. для экономики в целом это повлечет за собой потери. Однако сложившаяся в России институциональная система государственной поддержки высокотехнологичной промышленности создает для руководства и коллективов предприятий искаженные стимулы, при которых эти потери национальной экономики становятся источниками доходов для предприятий (иногда – основными). Подробнее эти стимулы и предложения по их изменению описаны в работе [69].

### **2.3 Особенности планирования развития технологий при создании опережающего научно-технического задела**

На первый взгляд, традиционная система создания НТЗ является более «целенаправленной»<sup>7</sup>, поскольку жестко ориентирована на разработку именно «нужных» технологий, тогда как в новой системе «нужность» окончательно определяется не сразу, а после завершения прикладных исследований. Изначально задается лишь общее направление, соответствующее генеральным целям развития отрасли – например, снижение эксплуатационных затрат, повышение безопасности, повышение боевой мощи или выживаемости, и т.п. Однако це-

---

<sup>7</sup> Следует признать, что даже авторы развиваемой здесь методологии сначала не в полной мере восприняли пионерские для нашей страны идеи, изложенные в статье [4] – см., например, критические замечания к механизму целеполагания при опережающем создании НТЗ в работах [28, 29], именно потому что механизмы стратегического планирования, обеспечивающие целенаправленный характер прикладных НИР, в такой системе неочевидны, и на самом деле сложнее.

ленаправленность создания новых технологий и продуктов – причем, именно направленность на достижение генеральных целей – полностью соблюдается.

Например, авиастроительная корпорация определит, что созданный НТЗ позволит ей в ближайшее время предложить рынку новый региональный самолет, обладающий уникальным преимуществом в мировом масштабе – и это будет выгоднее (с точки зрения генеральной цели корпорации – повышения прибыли, рентабельности, капитализации и т.п.), чем пытаться разработать магистральный самолет, несмотря на то, что именно магистральный сегмент рынка гораздо более емок<sup>8</sup>. Т.е. корпорация выберет тот тип и класс воздушных судов, в котором на основе имеющегося НТЗ она (а не глобальные лидеры, с которыми она пока неспособна конкурировать на равных) сможет достичь наибольшего конкурентного преимущества и коммерческого успеха программы. В военном сегменте основной заказчик – государство – выберет разработку именно тех классов и типов изделий, которые обеспечат наивысшую боевую эффективность на базе имеющегося НТЗ.

Таким образом, новая система создания новой продукции ничуть не менее целенаправленна, чем традиционная. Но она при этом реалистичнее, поскольку непосредственно учитывает высокорисковый характер прикладных НИР. В традиционной системе, в самом начале жизненного цикла жестко выбрав т.н. *техническое лицо* будущего изделия, т.е. совокупность его характеристик, разработчики далее вынуждены ждать создания технологий, позволяющих удовлетворить заданным требованиям, что приводит к сдвигам сроков, и все равно нередко приходится снижать уровень требований, поскольку изначальный уровень оказывается недостижимым. В новой же системе вначале идет относительно свободный поиск технологий, соответствующих желаемому «общему направлению». И лишь после того, как перспективность разных альтернатив определится, будут отработаны комплексы взаимоувязанных технологий, принимается решение – какой же именно образец (или образцы) будет разработан. Иначе говоря, принцип создания опережающего НТЗ состоит в том, чтобы «разрабатывать то, что сегодня получается, из возможного многообразия того, что нужно». Это существенно снижает риски сдвигов сроков создания новых изделий и необходимых для этого технологий, перерасхода средств и т.п.

Наглядно можно проиллюстрировать разницу между описанными альтернативными системами планирования и организации создания технологий и новой продукции следующим образом. Обозначим  $U$  степень достижения генеральных целей развития отрасли или области техники. Она зависит от частных показателей уровня совершенства перспективной продукции

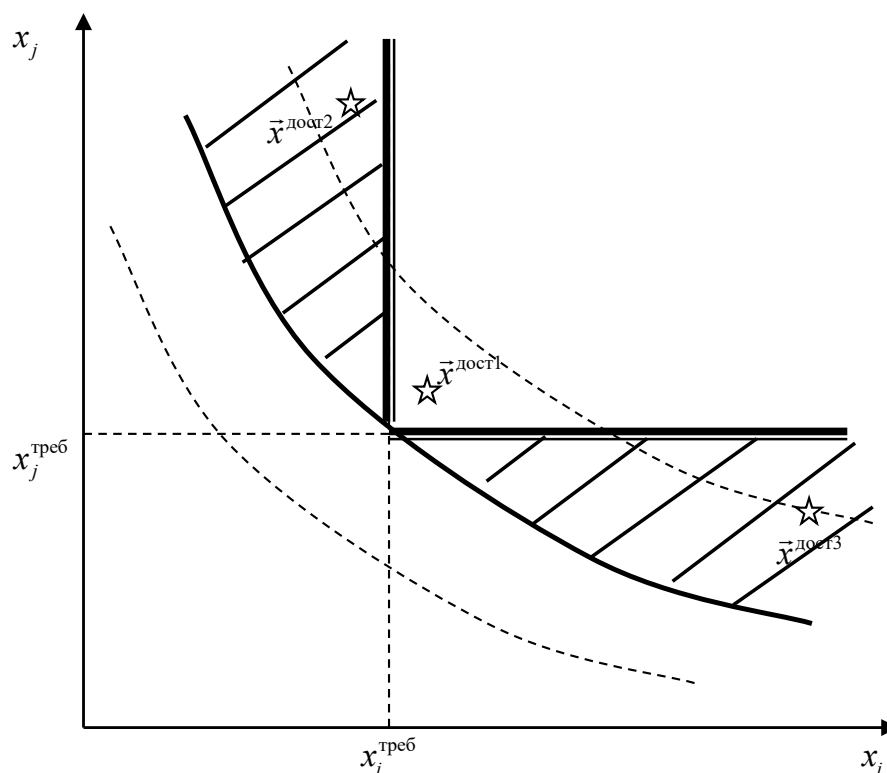
---

<sup>8</sup> Формально такие ситуации моделируются в работах [41, 67]. Нередко выгоднее занять значительную долю в относительно узком сегменте рынка, чем маргинальную – в емком.



$\bar{x} = (x_1, \dots, x_n)^T$   $U = U(\bar{x})$  без ограничения общности предположим, что возрастающим образом). Достижимые (с помощью тех или иных комплексов взаимосвязанных технологий) уровни показателей совершенства перспективной продукции представляются точками (векторами)  $\bar{x}^{\text{дост}1} = (x_1^{\text{дост}1}, \dots, x_n^{\text{дост}1})^T, \bar{x}^{\text{дост}2}, \dots$ . При традиционной системе заранее жестко определяются целевые уровни всех показателей совершенства перспективной продукции:  $\bar{x} \geq \bar{x}^{\text{треб}}$ , т.е.  $x_1 \geq x_1^{\text{треб}}, \dots, x_n \geq x_n^{\text{треб}}$ . Далее в ходе прикладных НИР (высокорисковых) разработчики технологий стремятся попасть в эту целевую область. Однако это не всегда возможно, тем более в рамках имеющихся временных, финансовых, кадровых и др. ресурсов.

Принцип опережающего НТЗ предусматривает более мягкое целеполагание. Как правило, одни показатели совершенства продукции могут «замещать» другие с точки зрения достижения генеральных целей. Поэтому ограничение следует устанавливать не на изолированные уровни показателей  $x_1, \dots, x_n$ , а на интегральный показатель достижения генеральных целей:  $U \geq U^{\text{треб}}$ . Рассмотрим наглядную иллюстрацию: по осям координат на рис. 3 отобразим значения частных показателей совершенства продукции  $x_i$  и  $x_j$ . В этой плоскости можно изобразить линии уровня функции  $U$ .



**Рисунок 2.4 Целевые и достижимые значения показателей совершенства перспективной продукции при традиционной организации ее создания и при ее создании на основе опережающего НТЗ**

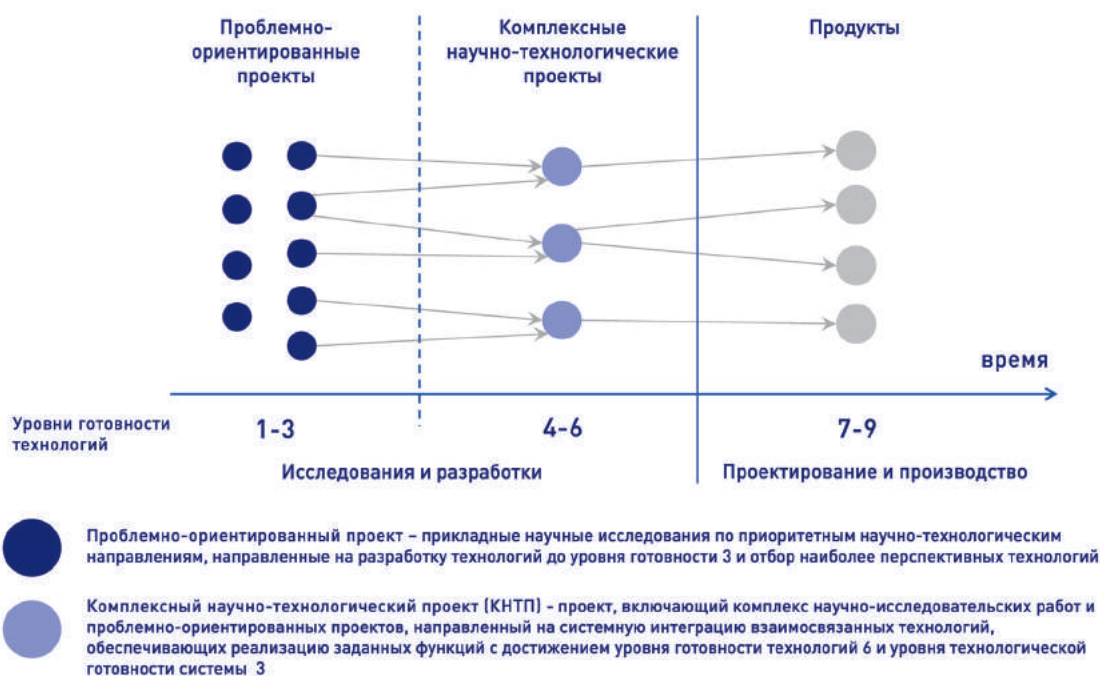
Целевая область показателей совершенства при традиционной системе – прямоугольная (открытая вправо и вверх), с углом в конкретной точке  $(x_i^{\text{треб}}, x_j^{\text{треб}})$ . Она соответствует конкретной степени достижения генеральных целей  $U^{\text{треб}} = U(x_i^{\text{треб}}, x_j^{\text{треб}})$ . Однако их можно достичь не в меньшей степени множеством иных вариантов, наглядно изображенных линией уровня функции  $U$  проходящей через точку  $(x_i^{\text{треб}}, x_j^{\text{треб}})$ . Поэтому без ущерба для достижения генеральных целей можно установить в качестве целевой области показателей область, лежащую выше этой линии уровня:  $x_i, x_j : U(x_i, x_j) \geq U^{\text{треб}}$ . Как видно на рис. 2.4, она шире целевой области  $\bar{x} \geq \bar{x}^{\text{треб}}$  почти при любых функциях  $U$ , кроме уникального частного случая:  $U(\bar{x}) = \min\{a_1 \cdot x_1, \dots, a_n \cdot x_n\}$ , когда отдельные показатели совершенства продукции ни в коей мере не могут замещать друг друга (но тогда линии уровня и представляли бы собой прямые углы). «Разность» целевых областей наглядно показана штриховкой.

Точки  $\bar{x}^{\text{дост1}} = (x_i^{\text{дост1}}, x_j^{\text{дост1}})^T, \bar{x}^{\text{дост2}}, \dots$  наглядно изображают возможные результаты прикладных НИР. Причем, при традиционной системе создания новой продукции и технологий только точка  $\bar{x}^{\text{дост1}}$  означала бы успех программы, тогда как точки  $\bar{x}^{\text{дост2}}, \bar{x}^{\text{дост3}}$  были бы заведомо отвергнуты. Однако они, на самом деле, не в меньшей, или даже в большей степени позволили бы достичь генеральных целей. Кроме того, результаты НИР заранее непредсказуемы. И вполне возможно, что они не попадут в относительно узкую целевую область  $\bar{x} \geq \bar{x}^{\text{треб}}$  т.е. создание на основе такого научно-технического задела конкретного, заранее выбранного класса изделий будет невозможным. Однако, если бы решение о конкретных требованиях к перспективным образцам принималось уже по итогам проверки различных комплексов перспективных технологий, их реализуемости, можно было бы разработать не менее, и даже более «полезные» образцы продукции на базе комплексов технологий, соответствующих точкам  $\bar{x}^{\text{дост2}}, \bar{x}^{\text{дост3}}$ . Возвращаясь к вышеприведенным примерам, если бы авиастроительная корпорация не приняла заранее твердого решения создавать именно перспективный широкофюзеляжный самолет с заданными характеристиками (обеспечивающими его конкурентоспособность в этом классе), а проанализировала бы вначале обширный набор новых технологий, направленных на повышение доступности авиаперевозок, вполне возможно, что полученного НТЗ было бы достаточно, чтобы предложить рынку конкурентоспособный региональный самолет, или воздушное судно для местных авиаперевозок с расширенными условиями базирования. Причем, прибыль, рентабельность и т.п. финансовые результаты таких проектов могли бы быть выше, чем даже при успешном создании НТЗ для разработки широкофюзеляжного лайнера.

Подчеркнем, что стратегическое планирование технологического развития в современной системе – с опережающим НТЗ – методически сложнее, чем при традиционной организации создания наукоемкой продукции, поскольку

ку требует инструментария оценки интегральной «полезности» перспективной продукции с гипотетическими наборами показателей совершенства  $x$ , т.е. формально – инструментария оценки их влияния на интегральный показатель достижения генеральных целей  $U$  И если в традиционной системе достаточно было обосновать (в т.ч. долго, трудоемко и даже не вполне формально), что некий конкретный набор целевых значений показателей совершенства  $\bar{x}^{\text{треб}}$  желателен или, по крайней мере, приемлем, то в современной системе необходимо быстро и с минимальной трудоемкостью оценивать значения функции  $U$  для произвольных точек  $\bar{x}$ , а в идеале – решать (в т.ч. перебором точек в узлах произвольной сетки в пространстве  $X$ ) обратную задачу, определяя границу целевой области  $\bar{x} : U(\bar{x}) \geq U^{\text{треб}}$ . В работах [51, 66] описан состав такого модельного инструментария применительно к авиастроению.

Принцип формирования опережающего НТЗ также в корне меняет структуру программ исследований и разработок, подробнее см. [47]. Сами исследования и научно-технологические проекты становятся диверсифицированными, как и направления использования их результатов, что наглядно показано на рис. 2.5.

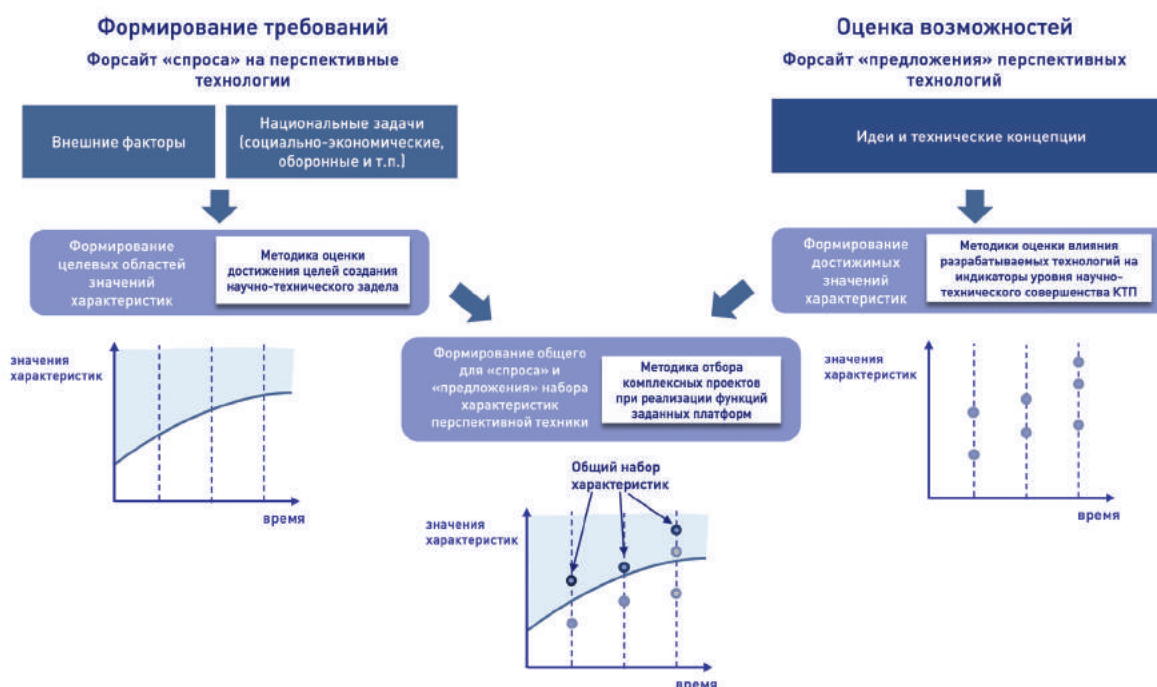


**Рисунок 2.5 Виды НИР и проектов при создании опережающего научно-технического задела**

Как показано в статье [64], это обеспечивает не только экономию ресурсов, распределение затрат между несколькими проектами и даже отраслями-«потребителями» технологий (о чем подробнее пойдет речь в главе ), но и сокращение ожидаемой длительности прикладных НИР.

## Глава 3. Стратегическое планирование научно-технологического развития в современных условиях

Прикладные исследования должны быть нацелены на повышение конкурентоспособности перспективной продукции и решение масштабных государственных задач. Поэтому развитие технологий требует централизованного стратегического планирования, а также прогнозирования. Эта деятельность реализуется в рамках *форсайтов спроса и предложения технологий*, т.е. оценки потребностей и возможностей технологического развития (подробнее см. [53]), что схематично отражено на рис. 3.1.



**Рисунок 3.1 Система технологического прогнозирования и стратегического планирования прикладных исследований**

Как уже было показано, новая система создания наукоемкой продукции и необходимых технологий меняет подход к планированию научно-технологического развития. Соответствующие методологические принципы применимы в разных наукоемких отраслях, но здесь, для конкретизации, описаны на примере авиастроения.

### 3.1 Проблемы управления научно-технологическим развитием в периоды смены технологических укладов

Новые технологии авиастроения создаются, как обычно декларируется, для улучшения характеристик перспективной авиационной техники. Однако желательные направления этого улучшения и количественное его измерение опреде-

ляются на уровне надсистем более высокого уровня – авиатранспортной системы в гражданской сфере и Воздушно-космических сил в военной сфере. В свою очередь, эти системы также являются лишь подсистемами, выполняющими определенные функции, соответственно, в единой транспортной системе (где воздушный транспорт является лишь одним из видов транспорта) и в Вооруженных силах страны (где, опять-таки, ВКС являются лишь одним из видов). Их характеристики и выполняемые ими функции в системах более высокого уровня должны соответствовать, по возможности, оптимальному месту авиации в национальной экономике и в национальной обороне. На это и должно быть нацелено стратегическое управление технологическим развитием авиастроения.

В период смены технологических укладов (а в настоящее время именно такой период имеет место в большинстве отраслей и областей техники, не только в авиации) вероятно, что место и функции авиации будут меняться, как в силу ее технологического развития, так и в силу развития технологий в иных отраслях и областях техники. Так, например, в военной сфере вполне возможно, что часть функций, которые традиционно выполняет авиация, будет перераспределена в пользу космических и наземных стационарных средств (как поражения, так и обнаружения, разведки, целеуказания и т.п.), ракетного вооружения, флота. При этом появятся и принципиально новые функции, а некоторые современные задачи будут решаться на более высоком уровне. В гражданской сфере, с одной стороны, новые скоростные виды наземного транспорта частично потеснят гражданскую авиацию в скоростных перевозках в густонаселенных регионах (это уже наблюдается, например, в наиболее развитых странах ЕС и в КНР, где высокоскоростное железнодорожное сообщение стало сильным конкурентом гражданской авиации на расстояниях порядка 1000 км и даже более). Но, с другой стороны, возникают новые обширные сферы применения авиации в народном хозяйстве, новые виды авиационных работ и услуг, в значительной мере основанные на развитии беспилотных авиационных систем.

В такие периоды особенно высока неопределенность возможностей и пределов технологического развития разных областей техники. Соответственно, неизвестно заранее, как именно выгоднее (с точки зрения надсистем – национальной экономики и национальной обороны) перераспределить между ними функции решения целевых задач системы верхнего уровня. Более того, заранее неизвестно, в какой степени эти задачи могут и должны быть решены. Как обосновано в работах [30, 45], планировать долгосрочное технологическое развитие следует, учитывая неопределенность и риск, присущие развитию технологий. Неизвестно заранее, какие именно новые технологии из числа потенциально перспективных действительно окажутся работоспособными, наиболее результативными и эффективными, в какие сроки их удастся разработать до уровня готовности, позволяющего внедрить их на

практике. Также неизвестно заранее, как повлияет на работоспособность и эффективность технологий их взаимодействие, интерференция, поскольку различные технологии, как новые, так и известные, могут и «гасить» друг друга, и усиливать. Эти две группы рисков названы, соответственно, *инновационными и интеграционными рисками* [26].

Рациональный методологический подход к стратегическому планированию технологического развития в условиях описанных рисков таков, см. [30, 45].

Вначале следует определить глобальные целевые задачи для надсистемы и количественные показатели их решения. Это должны быть задачи фундаментального характера, не зависящие от средств их решения (например, для единой транспортной системы страны – обеспечение транспортной мобильности населения и грузов с заданным уровнем качества, для Вооруженных сил – обнаружение и поражение с заданным уровнем ущерба противника с заданными характеристиками, действующего в рамках заданной тактики и стратегии, и т.п.).

Затем следует оценить возможности решения этих задач с помощью различных, альтернативных областей техники, в зависимости от достижимых в будущем уровней совершенства технологий в этих областях. Однако важно, что эти уровни не единственны, и зависят от конкретного набора технологий, которые будут разработаны и внедрены в данной области техники. Формирование и оптимизация этого набора и составляет суть планирования технологического развития.

Конкретные образцы новой техники будут создаваться на основе тех или *иных технических концепций* – комплексов взаимодополняющих технологий. Эти комплексы технологий можно рассматривать как «макротехнологии», определяющие технологический облик данной области техники. Так, в современной транспортной авиации (пассажирской, грузовой) преобладает техническая концепция самолета (классической аэродинамической схемы) с турбореактивными двухконтурными двигателями, ТРДД.

Чаще всего, хотя технологии в рамках технической концепции и являются взаимодополняющими, но их состав в этой технической концепции вариативен. Т.е., например, самолет классической схемы может включать в себя ответственные элементы конструкции из полимерно-композитных материалов, ПКМ, но может иметь и традиционную цельнометаллическую конструкцию. Наличие ПКМ может улучшить характеристики самолета, но не является строго обязательным для данной концепции. Тогда как, например, концепция сверхзвукового самолета все-таки требует именно турбореактивного двигателя, хотя на дозвуковых летательных аппаратах могут использоваться как ТРДД, так и турбовинтовые двигатели, ТВД, авиационные поршневые двигатели, АПД, а также электродвигатели, приводящие воздушные винты.

В одной области техники может одновременно сосуществовать несколько технических концепций – так, в современной авиации, помимо классических самолетов с ТРДД, также, хотя и менее массово, используются самолеты с турбовинтовыми и поршневыми двигателями, ТВД и АПД, вертолеты – как с газотурбинными двигателями, ГТД, так и с АПД, причем, вертолеты различных схем – и классической, с хвостовым винтом, и соосной, и т.п.

Как правило, в период технологической зрелости данной области техники в ней складывается близкий к оптимальному состав технических концепций, каждая из которых занимает свою нишу. Например, вертолеты, хотя они и уступают самолетам в скорости и экономичности крейсерского полета, тем не менее, как менее требовательные к наземной аэродромной инфраструктуре воздушные суда, преобладают на воздушном транспорте в малонаселенных и труднодоступных местностях, поскольку там было бы невыгодным (с общесистемной точки зрения) содержание дорогостоящей, но малозагруженной аэродромной инфраструктуры. Однако в периоды смены технологических укладов заранее неясно, какая именно техническая концепция (или совокупность концепций) в каждой области техники лучше позволяет решать те или иные целевые задачи. Можно говорить лишь о технологиях и макротехнологиях-«кандидатах» на роль господствующих в данной области техники, а их реальные возможности еще не известны доподлинно. Эта неопределенность снижается по мере повышения *уровней готовности технологий* (УГТ, англ. TRL, Technology Readiness Level, см. [84, 88]).

Следует оценить показатели решения целевых задач с помощью альтернативных технических концепций из различных областей техники. Для этого каждую техническую концепцию, возможно, придется разрабатывать до высоких уровней готовности<sup>9</sup>. Различные целевые показатели могут быть противоречивыми, как и сами целевые задачи (например, задача повышения транспортной мобильности населения может противоречить задаче сокращения экологического воздействия транспорта на окружающую среду), поэтому задачи выбора путей их решения будут многокритериальными. В конечном счете оптимальное решение придется принимать по некоторому обобщающему функционалу этих показателей<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> По мере повышения определенности, явно доминируемые концепции следует отбрасывать, что позволяет экономить ресурсы и концентрировать их на более перспективных технологиях и концепциях.

<sup>10</sup> В математической экономике доказана теорема Дебрэ (Жерар Дебрэ – нобелевский лауреат 1983 г.), см, например, [33], о том, что, если предпочтения на множестве многокритериальных альтернатив непротиворечивы – рефлексивны и транзитивны – то их можно представить в виде скалярной функции полезности, которая принимает большие значения для более предпочтительных альтернатив и меньшие – для менее предпочтительных, а для равноценных – равные значения. Т.е. задача выбора оптимальной (в рамках данной системы предпочтений) альтернативы сводится к максимизации этой скалярной функции – при имеющихся ограничениях (ресурсных и др.).

Разумеется, как и все задачи планирования военного строительства, задачи оптимального планирования технологического развития продукции военного назначения следует решать с учетом экономических критериев и ограничений. Либо максимизируется уровень решения именно целевых задач (в узком смысле – обнаружения и поражения противника, перемещения войск и техники, и др.) при заданном военном бюджете, либо иной функционал, но обязательно включающий в себя как решение собственно целевых задач, так и необходимые затраты. То же самое касается и гражданской сферы: помимо уровня решения глобальных социально-экономических задач (например, обеспечения качества транспортного обслуживания населения и, в конечном счете, качества жизни), следует учитывать и затраты государственного бюджета – если рассматривается задача управления технологическим развитием на государственном уровне.

Итак, необходимо выбрать глобально оптимальное (с точки зрения максимизации функционала показателей решения задач высшего уровня иерархии) сочетание альтернативных технических концепций из различных областей техники.

### **3.2 Иерархическая организация принятия решений в процессе планирования научно-технологического развития**

Разумеется, описанные задачи управления технологическим развитием решаются конкретными органами управления и организациями, имеющими свои интересы, что влияет на принимаемые решения и их реализацию. Поэтому особое внимание нужно уделить организационным аспектам управления технологическим развитием – как отдельных отраслей и областей техники, так и страны в целом.

Вполне возможно, что для каких-то областей техники оптимальное решение вышеописанной задачи будет содержать «нулевую компоненту». Т.е. глобальные целевые задачи национальной экономики или обороны могут быть наилучшим образом решены вообще без помощи данной области техники. Однако в силу многообразия целевых задач (даже на высшем уровне) и конкретных условий, в которых их приходится решать, как правило, для каждой области техники находится та или иная ниша (и не одна), как в гражданской, так и в военной сферах. В то же время переход к новому технологическому укладу почти наверняка приведет к значительному перераспределению функций и задач между различными областями техники, а также техническими концепциями внутри каждой из них (новые концепции могут существенно потеснить современные). Да и сама смена привычных ниш и ролей на новые, пусть даже и более перспективные, требует времени и ресурсов. Такие изменения неизбежно затрагивают интересы различных отраслей, организаций (как в промышленности, так и в сфере эксплуатации –



например, в Вооруженных силах), персоналий, и наверняка будут встречать разнообразное сопротивление на всех этапах – от собственно стратегического планирования и научного обоснования планов развития технологий, и до внедрения новых технологий в практику. Поэтому соответствующие задачи стратегического управления могут быть поставлены и успешно решены только на межотраслевом, межведомственном, межвидовом – иначе говоря, на общегосударственном уровне. Если оставить решение этих задач на уровне отдельных областей техники, видов Вооруженных сил, отраслей экономики, глобальный оптимум не будет достигнут (и даже найден). Будут упущены возможности более эффективного, благодаря новым технологиям, решения национальных задач (народнохозяйственных и оборонных). Будет законсервирована сложившаяся – необязательно оптимальная даже сейчас, а, тем более, в будущем технологическом укладе – структура национальной экономики и Вооруженных сил. Соответствующее отставание может критически отразиться на национальной конкурентоспособности и безопасности страны.

В процессе планирования развития новых, часто еще только предполагаемых технологий, выбор придется делать на основе прогнозов достижимых уровней совершенства образцов, создаваемых в рамках различных технических концепций. Объективная оценка достижимых показателей уровня решения целевых задач с помощью тех или иных перспективных технологий и технических требует математического моделирования. Причем, необходимая для этого система моделей является многоуровневой, иерархической, и включает в себя

- модели физических процессов в элементах систем изделий (в числе их «входов» - первичные данные о технологиях, их элементарные параметры – например, допустимая температура и напряжения для материалов, форма аэродинамических обводов планера, параметры законов управления в системах управления, и т.п.);
- модели систем и подсистем изделий;
- модели изделий в целом, на выходе которых – их интегральные характеристики, с точки зрения решаемых ими задач (например, для транспортного воздушного судна – грузоподъемность или пассажировместимость, скорость и дальность полета, удельные эксплуатационные расходы и выбросы вредных веществ на единицу транспортной работы, и т.д.);
- модели операций, выполняемых парками изделий, т.е. решения ими различных целевых задач – транспортных, иных народнохозяйственных, боевых (как правило, на этом уровне учитываются также процессы тех-

нической эксплуатации изделий в парке, их технического обслуживания и ремонта, организация этих процессов);

- модели систем, в которых техника находит конечное применение (в авиации это модели авиатранспортной системы или группировки ВКС, на выходе которых уже – интегральные характеристики решения ими глобальных задач национальной экономики или Вооруженных сил).

Подробнее иерархия моделей и состав комплексов моделирования, необходимых для научно обоснованного планирования технологического развития авиастроения, описаны в работе [66] и др.

Итак, задача планирования технологического развития состоит в определении оптимальных (по глобальному критерию) наборов технических концепций для каждой области техники. Причем, решаться такая задача должна обязательно на высшем государственном уровне, межотраслевом и межвидовом. В то же время, ее научно обоснованное решение требует использования всей вышеописанной иерархической системы моделей. Означает ли это, что на высшем уровне управления некий «мозговой центр» должен владеть всей совокупностью моделей перечисленных уровней, и постоянно проводить расчеты с их помощью? Кто выступит разработчиком (разработчиками) такой системы моделей? Насколько это реалистично?

Как показано в целом ряде работ по теории организации, теории управления крупномасштабными социально-экономическими и организационно-техническими системами [56], иерархические структуры потому и приходится создавать, несмотря на порождаемые ими проблемы<sup>11</sup>, что централизованное управление крупномасштабной системой невозможно, даже при условии автоматизации процессов сбора, обработки, передачи информации. В самом возникновении иерархических систем управления важная роль принадлежит проблеме управления знаниями и компетенциями. Особенно это актуально в «сложных» областях (к которым, безусловно, относится и прикладная наука), где квалификация рядового научного сотрудника может быть не ниже квалификации руководителя – просто у них разные функции.

Здесь, применительно к управлению технологическим развитием, предлагается следующая иерархия уровней принятия решений и их формирования (с помощью моделирования).

На верхнем, межотраслевом уровне принятия решений, используются уже агрегированные, обобщенные показатели, а именно – интегральные харак-

---

<sup>11</sup> См., например, описанную в работе [5] проблему снижения устойчивости системы управления с ростом количества уровней иерархии.

теристики перспективных образцов техники, построенных на базе тех или иных технологий и технических концепций.

Они являются входами для моделей операций, выполняемых парками изделий, и, наконец, для моделей систем верхнего уровня. Но они же являются и выходами «пирамиды» моделей нижестоящих уровней – от моделей физических процессов и элементов систем изделий до агрегированных моделей самих изделий.

Низшие уровни иерархии моделей наиболее многочисленны, разнообразны и специфичны (иногда приходится, фактически, для каждой конкретной новой технологии строить модели ее влияния на физические процессы функционирования систем летательного аппарата и на характеристики изделия в целом). Их разработка и развитие – прерогатива специалистов в конкретных предметных областях авиационной науки и техники. Фактически, такие модели приходится разрабатывать самим исследователям, работающим в прикладной науке и создающим новые технологии. В значительной мере прикладные исследования, разработка новых технологий и повышение уровня их готовности к внедрению и состоят в разработке соответствующих моделей и получении количественных оценок влияния технологий на системы более высоких уровней иерархии. Математические модели сегодня являются неотъемлемой частью наукоемкой продукции, даже входят в «комплект» поставки самих сложных изделий (отсюда – понятие *цифрового двойника* изделия). Тем более это касается технологий. Их формализованное описание, *паспорт технологии*, в обязательном порядке включает математические модели технологий, их влияния на системы летательных аппаратов и протекающие в них процессы. В современном понимании, помимо материальной части, наукоемкая продукция включает в себя и нематериальную, в т.ч. соответствующие знания.

Сама разработка всей совокупности моделей для анализа информации не может быть выполнена лишь силами управляющего «центра». Модели нижних уровней разрабатываются и применяются для проведения прогнозных расчетов в организациях прикладной науки в различных отраслях и областях техники. «Центр» просто не может обладать всеми необходимыми для этого знаниями – а если бы задался такой целью, был бы вынужден, фактически, продублировать (или включить в свой состав) все управляемые им научные организации. Носителями компетенций, необходимых для разработки моделей низших уровней, являются именно предметные специалисты отраслевой науки. Поэтому комплекс моделей, необходимый для научно обоснованного планирования технологического развития, неизбежно должен быть распределенным. Он заведомо не мо-

жет и не должен полностью разрабатываться и применяться только на самом верхнем уровне управления технологическим развитием.

Результаты применения моделей нижнего уровня, интегральные характеристики будущих изделий, построенных на базе новых технических концепций, уже представляются на верхний уровень моделирования и принятия решений. Именно организация (или организации), ответственные за межотраслевую (в оборонной сфере – межвидовую) координацию технологического развития и его планирование на общенациональном уровне, должны быть «держателями» моделей верхнего уровня. На входе этих моделей – агрегированные характеристики перспективных изделий разных видов техники, построенных на базе альтернативных технических концепций (т.е. фактически – обобщенные характеристики макротехнологий), а на выходе – показатели решения глобальных целевых задач. Эти группы моделей, наоборот, достаточно универсальны и относительно немногочисленны.

Необходимо уточнить, какие же агрегированные характеристики макротехнологий передаются с нижних уровней моделирования на верхние. Достижимые в рамках каждой конкретной технической концепции уровни характеристик летательных аппаратов, как правило не единственны. В многомерном пространстве показателей это не единственная точка, вектор, а гиперповерхность. Как правило, при заданном наборе используемых технологий в процессе проектирования изделий возможен «размен» между различными характеристиками. Так, можно сократить расход ГСМ (попутно улучшая и некоторые связанные с ним характеристики), но некоторые решения, используемые для этого, могут увеличить стоимость изделий, частоту их технического обслуживания и ремонта (ТОиР), и др. Можно улучшить взлетно-посадочные характеристики, сократив затраты на наземную инфраструктуру, но при этом возрастут расходы в крейсерском полете. Какое сочетание проектных параметров будущих образцов техники будет оптимальным с глобальной точки зрения – заранее неясно. Поэтому лицам, принимающим решения, на верхнем уровне управления технологическим развитием (межотраслевым, межвидовым) следует предоставлять прогноз достижимых (в рамках различных технических концепций) характеристик изделий в виде указанных гиперповерхностей, множеств Парето в пространстве характеристик будущих изделий.

Схематично иерархию моделей, а также обоснованное здесь их разделение на верхний и нижний уровни, с точки зрения принятия управленческих решений, можно представить в виде, показанном на рис. 3.2.



**Рисунок 3.2 Иерархическая система моделей, необходимых для обоснования стратегии технологического развития**

Важно подчеркнуть, что предлагаемая здесь структура моделей и инструментов принятия оптимальных решений естественным образом определяет и перспективную организационную структуру прикладной науки. Функции организаций разных уровней иерархии определяются более четко и прозрачно.

На высшем уровне иерархии – организация или организации, координирующие и планирующие технологическое развитие страны на межотраслевом и межвидовом уровне<sup>12</sup>. Для них научные организации, проводящие прикладные исследования в своих отраслях и видах техники – например, в авиастроении, газотурбостроении, судостроении, лазерной технике и т.п. – формируют Парето-оптимальные множества значений характеристик соответствующих видов техники, достижимых на основе тех или иных технических концепций. Например, центры авиационной науки должны оценить, каких максимальных уровней характеристик (летно-технических, эксплуатационных, экономических, экологических и т.п.) могут достичь самолеты

<sup>12</sup> Следует подчеркнуть, что в современной России эти функции пока не выполняются в полной мере, даже не определены органы управления, ответственные за их выполнение. В оборонной сфере эту роль может играть Военно-промышленная комиссия (при условии расширения ее функций и подчинения ей соответствующих научных организаций). В гражданских отраслях экономики эта задача вообще практически не решается, пока лишь анализируется опыт СССР, в котором действовал Государственный комитет по науке и технике, ГКНТ.

традиционной схемы и самолеты с новыми аэродинамическими компонентами, летательные аппараты с газотурбинными двигателями и гибридными турбоэлектрическими силовыми установками, вертолеты различных схем, конвертопланы и мультикоптеры, и т.п. Причем, эти оценки они должны выдать не в виде единственной точки в многомерном пространстве параметров, а в виде гиперповерхности в этом пространстве, множества Парето.

Организациям прикладной авиационной науки (в других областях техники - аналогично) придется обобщить на уровне изделий авиационной техники достижимые уровни параметров альтернативных концепций, начиная с систем летательных аппаратов, и заканчивая аппаратами в целом. Для этого им необходимо получить такие же множества Парето, но уже с нижестоящих уровней управления – от центров компетенции по отдельным системам летательных аппаратов и по отдельным технологиям (например, конструкциям из композитных материалов, электрическим и гибридным силовым установкам, силовым установкам с ГТД, и т.п.).

Исходя из этих рассуждений, внутри организаций прикладной науки организационная структура должна быть матричной. С одной стороны, есть объективно сложившаяся (подчеркнем, в рамках известных технических концепций) структура самих изделий, их систем и подсистем. Например, в авиастроении это планер летательного аппарата, силовая установка, бортовое оборудование и система управления, и т.д. Заметим, что в процессе технологического развития, особенно в периоды смены технологических укладов, эта структура может меняться, и на уровне организаций отраслевой науки придется преодолевать естественный консерватизм соответствующих подразделений, меняя их роль, возможно, ликвидируя и вводя новые (аналогичную задачу, как было отмечено, придется решать и на высшем общегосударственном уровне). С другой стороны, есть тематические направления, соответствующие известным и возможным новым технологиям (в авиастроении, например – в части материалов, процессов горения и теплообмена, течений жидкостей и газов, прочности конструкций, динамики и управления движением, и т.п.). И эти технологии, в общем случае, «пронизывают» все системы летательных аппаратов. Причем, необходима еще их системная интеграция, согласование, поскольку взаимодействие различных технологий может приводить к неочевидным эффектам. Эта матричная структура организаций прикладной науки подразумевает и такую же структуру компетенций и моделей, развиваемых в соответствующих центрах компетенций.

Решая на своем уровне задачи Парето-оптимизации, организации отраслевой прикладной науки фактически будут управлять этими компетенциями. Кроме того, они же отчасти будут управлять и развитием макротехнологий – хотя, строго говоря, на уровне отрасли или области техники принять

окончательное решение о выборе конкретной макротехнологии (технической концепции), как правило, нельзя. Причина в том, что в паретовском множестве, определяющем максимально достижимые уровни развития данной области техники – например, в авиации – могут присутствовать «куски» гиперповерхностей, соответствующие различным техническим концепциям. Так, если потребуются построить для авиации гиперповерхность, отражающую наилучший достижимый уровень характеристик воздушного транспорта, вероятно, в ее составе будут участки, соответствующие самолетам, и участки, соответствующие вертолетам. И только на более высоком уровне можно будет определить, например, что в рамках единой транспортной системы страны задачи местных перевозок в труднодоступных регионах будут решать вертолеты, а в регионах с высокой плотностью населения – самолеты малой вместимости (разумеется, пример условный). Т.е. выбор между альтернативными концепциями в авиации будет сделан за пределами этой области техники, на более высоком уровне управления. В то же время, формируя множества Парето, сами организации отраслевой науки могут отсеять доминируемые альтернативы, определив области, в которых те или иные концепции заведомо проигрывают другим концепциям. Так, использование вертолетов в дальнемагистральных перевозках на расстояния порядка нескольких тысяч км, тем более, на линиях с большими пассажиропотоками, заведомо нерационально, в этой области предпочтительнее самолеты.

Разумеется, окончательные решения о развитии конкретных компетенций в отраслевой прикладной науке (а также об их консервации, ликвидации, конверсии на новые задачи, создании, приобретении и т.п.) можно будет принять лишь после того, как на верхнем уровне управления будут приняты глобально оптимальные решения, определяющие место и желательные характеристики каждой области техники в национальной экономике и обороне. Но сначала информация в описываемой иерархической системе управления технологическим развитием движется «снизу вверх», и лишь после того, как общий стратегический план развития технологий определен, он «спускается» на нижестоящие уровни для формирования детальных программ разработки технологий, а также планов развития потенциала в каждой области техники – т.е. планов развития центров компетенции, экспериментальной базы и т.п.

Для верхнего уровня иерархии сами области техники и отрасли являются «единицами управления», центрами компетенции. Верхний уровень управления технологическим развитием страны определяет для каждой области техники (на основе предоставленных ей же самой прогнозов о возможностях развития технологий в рамках различных концепций) ее рациональное место в национальной экономике и обороне, а также целевой уровень развития техники. Эти решения и определяют будущее различных областей техники и отраслей.

### 3.3 Социально-экономические аспекты управления научно-технологическим развитием

В простейшем представлении законы изменения показателей эффективности техники и затрат на ее совершенствование со временем представляются в виде *S-образных кривых*. Традиционная рекомендация такова: в период исчерпания пределов развития очередного технологического уклада (ТУ), т.е. на верхнем правом участке *S-образной кривой* (участке насыщения), следует прекращать вкладывать ресурсы

- в развитие соответствующих технологий (т.е. прикладные научно-исследовательские работы, НИР),
- в разработку основанных на них продуктов,
- в их серийное производство и закупку,

и «переключаться» на новый ТУ. Своевременный переход к новому ТУ приносит выигрыш в инновационной гонке – экономический в гражданской сфере, и военно-политический в оборонной (где последствия отставания могут быть особенно критическими, и могут угрожать национальной безопасности страны).

Однако буквально следовать таким прямолинейным рекомендациям мешает несколько объективных факторов.

Во-первых, что открыто подчеркивается во всех теориях инновационного развития, в соответствующий период (он называется *инновационным разрывом*, см., например, [55]) конкретные технологии, составляющие «ядро» нового ТУ, еще неизвестны достоверно. Есть лишь многочисленные варианты технологий-кандидатов на эту роль. Причем, большая их часть не подтвердит ожидаемой эффективности (и даже работоспособности) в процессе прикладных НИР – что не отменяет необходимости активных прикладных исследований, которые и покажут, какие именно технологии наиболее перспективны. Более того, в период инновационного разрыва технологии нового ТУ уступают технологиям старого ТУ в эффективности – потенциал их развития проявится лишь позже. По крайней мере, приступать к разработке (опытно-конструкторским работам, ОКР) и, тем более, серийному производству продукции нового ТУ можно далеко не сразу. Т.е. действуют технологические факторы инерции инновационного развития.

Во-вторых, даже если новые технологии уже созданы, подтверждена их работоспособность и высокая эффективность, возможно их внедрение с приемлемым уровнем риска, разработка новой наукоемкой продукции на их основе возможна не сразу. Для этого необходима модернизация инженерных, кон-



структорских подразделений наукоемких предприятий. Особенно затруднен и длителен этот процесс в тех случаях, когда новый ТУ предполагает значительное изменение номенклатуры технологий, специальностей инженеров и т.п. Примерами такой смены технологической парадигмы могут служить

- масштабное внедрение ядерных энергетических установок (вместо дизель-электрических) на подводном флоте во второй половине XX века;
- переход в электронной технике с электронных ламп на полупроводниковую элементную базу (и далее с отдельных полупроводниковых приборов на интегральные микросхемы) – что привело даже к смене состава ведущих компаний на мировом рынке;
- переход от пленочной фотографии и киносъемки к цифровой, что также привело практически к полной смене лидеров рынка.

Подготовка «критической массы» инженеров и конструкторов, способных создавать образцы техники на базе новых технологий, занимает значительное время (превышающее даже длительность периода обучения в вузах, поскольку их выпускники сразу после окончания еще не готовы к решению масштабных инженерных задач), особенно если эта подготовка в системе высшего образования носит утилитарно-специализированный характер.

Например, авиационных инженеров учат, преимущественно, разделам физики, необходимым для проектирования современных летательных аппаратов с газотурбинными двигателями – механике твердого тела, термодинамике, механике сплошных сред, и т.п. – но не таким «отвлеченным», с точки зрения сегодняшних авиационных технологий, дисциплинам, как ядерная физика, физика плазмы, квантовая механика, электродинамика, химическая физика и т.п. Однако они могут понадобиться, если, например, в авиации будут освоены гиперзвуковые скорости и полет в верхних слоях атмосферы, если будут внедряться электрические и гибридные силовые установки, технологии, основанные на сверхпроводимости, криогенные технологии, топливные элементы и т.п.

Сократить время на подготовку инженерных кадров – и, что немаловажно, избежать массовой потери опытных кадров, работавших ранее – позволяет только фундаментальный характер образования, который оставляет возможность перехода уже работающих специалистов к новым технологиям, основанным на различных научных дисциплинах. Такой подход к подготовке специалистов для наукоемкой промышленности был реализован в нашей стране в середине XX века, как раз в период смены технологических парадигм во многих областях техники, при создании вуза нового типа [57].

В-третьих, переход к выпуску продукции нового поколения, основанной на технологиях нового ТУ, требует технического перевооружения производства, масштабной модернизации промышленно-производственной базы производственных предприятий. В сфере промышленного производства проблема смены кадров, изменения номенклатуры их специальностей стоит еще острее, чем в сфере разработки. Для представителей рабочих специальностей радикальная смена профессии и специализации, как правило, труднее, чем для ученых или инженеров (если вообще возможна). И численность персонала производственных предприятий, как правило, на порядок выше, чем численность инженеров-конструкторов, разработчиков, технологов. Многие высокотехнологичные предприятия выполняют важную социальную функцию, обеспечивая занятость тысяч и даже десятков тысяч квалифицированных работников, некоторые предприятия являются градообразующими. Масштабные радикальные технологические сдвиги, приводящие к резкой смене технологической структуры промышленного производства, практически невозможно провести за короткое время. Кроме того, они сопряжены с социально-политическими рисками, которые, в свою очередь, также создают угрозы национальной безопасности, в ее современном комплексном понимании, которое отнюдь не ограничивается военной безопасностью (подробнее см. [77]). Таким образом, действуют и социально-экономические факторы инерции научно-технологического развития.

Все описанные выше факторы инерции технологического развития необходимо принимать во внимание при управлении этим процессом, наряду с соображениями целевой эффективности новых технологий. Не следует принимать решение о немедленном и полном переходе на разработку и выпуск новых поколений продукции, основанных на технологиях нового ТУ, даже если эти технологии созданы и готовы к внедрению. Помимо технико-экономических, следует учитывать также социально-экономические факторы, осуществляя плавный переход к новому ТУ.

Описанная инерционность процессов научно-технологического развития накладывает отпечаток на их реальную динамику и на те решения, которые принимаются при выборе конкретных направлений разработки, производства, модернизации систем вооружений. Такой выбор в реальности никогда не делается «с чистого листа», поскольку уже имеется

- парк изделий современных, а иногда и устаревших типов в эксплуатации;
- подготовленный эксплуатационный персонал и накопленный опыт эксплуатации современных образцов продукции;
- производственная база и производственный персонал (также обладающий ценным накопленным опытом) на предприятиях;

- квалифицированные инженерно-конструкторские кадры, обладающие необходимыми знаниями и навыками для создания изделий современных поколений.
- В целом, соответствующие решения следует принимать по обобщающим социально-экономическим или военно-экономическим критериям. Необходимо для всех альтернатив сравнивать полные затраты, включая
- собственно затраты на разработку, производство и эксплуатацию парка изделий (обеспечивающего решение целевых задач, оборонных или социальных, на заданном уровне);
- затраты на модернизацию промышленности, включая конструкторские и производственные организации и подразделения, подготовку или переподготовку их кадров,

Причем, в составе затрат на модернизацию промышленности необходимо, помимо прямых издержек на подготовку новых кадров и создание новых производств, учитывать и затраты на ликвидацию производств прежнего ТУ, т.е. расходы

- на сокращение персонала, включая компенсационные выплаты,
- на профессиональную переподготовку и даже, возможно, расселение сокращаемых работников,
- на ликвидацию или перепрофилирование соответствующих поселений;
- на ликвидацию устаревших производственных мощностей, утилизацию или перепрофилирование зданий и сооружений, рекультивацию земель и т.д.

Полный учет такой «социальной цены» модернизации промышленности может существенно повлиять на выбор вариантов НТР в пользу более консервативных, компромиссных, эволюционных (а не революционных) решений. Часто к таковым относится модернизация долговечных изделий, замена лишь некоторых их систем, наиболее быстро меняющихся.

Для уже имеющихся в наличии изделий, производственных мощностей и т.п. потребные начальные вложения равны или близки к нулю, поскольку эти изделия и мощности уже существуют, и соответствующие издержки (даже если они были велики) были понесены в прошлом – а значит, не должны влиять на текущие решения. Такой фактор инерции инновационного развития хорошо изучен, и стал основой для формальных критериев «прорывного» превосходства новых образцов техники и морального устаревания имеющихся, методов прогнозирования и планирования ускоренного обновления техники, см. [42]. Выбор в пользу «радикального» варианта (вместо «консер-

вативного») будет рациональным лишь при следующем условии. Начальные вложения в этом варианте (включающие в себя затраты на разработку и производство новых изделий, на модернизацию промышленности) должны быть ниже, чем экономия текущих затрат на эксплуатацию и поддержание, обновление парка новых изделий, по сравнению с аналогичными затратами для парка имеющихся образцов. Такой критерий является весьма жестким, и практически невыполнимым на верхнем участке S-образной кривой, когда преимущество «новых» образцов перед «старыми» все меньше, а достигается оно все большей ценой. Впрочем, здесь рассматривается, скорее, случай перехода к новому ТУ, когда преимущество новых образцов перед старыми в эффективности все-таки может быть значительным.

На основании этого качественного описания можно получить и формализованную постановку соответствующей задачи. На длительных интервалах планирования задача оптимального управления НТР является динамической. Т.е. ее решение – не одномоментный выбор между старым и новым ТУ или их сочетанием, а именно траектория НТР, которая предусматривает постепенное «переключение» на новый ТУ в тех или иных областях техники, подсистемах изделий (и, соответственно, отраслях и предприятиях), на протяжении планового периода.

Решение описанной выше задачи оптимального управления технологическим развитием сильно зависит от горизонта планирования. При длительном плановом периоде, порядка жизненного цикла ТУ<sup>13</sup>, т.е. нескольких десятилетий, неизбежно придется в некоторый момент все-таки переходить к новому ТУ в полной мере. Причем, вышеописанная «социальная цена» такого перехода в будущем может сократиться естественным путем почти до нуля, поскольку производственные мощности старого ТУ изнашиваются, а квалифицированные кадры, обученные соответствующим технологиям, также стареют и выбывают. Однако при низком качестве стратегического планирования (а также если оно подчинено узковедомственным или корпоративным интересам) даже на протяжении очень длительного периода могут вкладываться ресурсы в возобновление мощностей и кадров устаревших ТУ. Причем, такие решения могут сопровождаться пропагандистскими кампаниями, в которых нагнетается обеспокоенность «необратимой потерей опыта, который некому передать», безотносительно к тому, а нужно ли это в долгосрочной перспективе, или государственным интересам лучше соответствует переход к новому ТУ, где данный опыт уже не актуален. Тут же предлагается возобновить масштабную подготовку соответствующих

---

<sup>13</sup> С одной стороны, именно такой горизонт планирования корректно принимать в данной задаче. С другой стороны, прогнозирование длительности преобладания очередного ТУ – задача, принципиально нерешаемая с высокой точностью и достоверностью.

специалистов, которая требует значительных затрат, снова производится и закупается соответствующее оборудование, и т.д. Т.е. кадровая политика фактически проводится по принципу «где взять работников, и чем их занять», что слабо согласуется с общегосударственными интересами. Разумеется, после таких решений и через несколько лет и даже десятилетий высокая «социальная цена» модернизации промышленности блокирует полноценный переход к новому ТУ. И в долгосрочной перспективе такая политика нанесет ущерб экономике страны, ее обороноспособности.

Во избежание таких стратегических ошибок (причем, преднамеренных, со стороны заинтересованных группировок) необходимо, чтобы стратегическое управление НТР проводилось открыто и прозрачно, по крайней мере, для всех заинтересованных ведомств, организаций промышленности и т.д. Для этого, в свою очередь, оно должно быть формализованным. Т.е. необходимо в самом деле оценивать количественно и сопоставлять совокупные затраты

- на разработку, производство и эксплуатацию продукции для обеспечения заданного уровня решения целевых задач (например, обеспечения обороноспособности страны, транспортной доступности ее территории и т.п.),
- и на развитие и поддержание промышленности, включая производственный и кадровый потенциал (достаточный для производства и поддержки в эксплуатации вышеуказанного количества и номенклатуры продукции),

на протяжении длительного планового периода, и влияние на них конкретных решений в области НТР. И любые решения следует обосновывать с точки зрения влияния на указанные суммы затрат. Причем, следует доказывать, что эти решения предпочтительнее альтернатив (которые тоже следует явно представлять).

Предложенный здесь обобщающий критерий, соответствующий общегосударственным интересам, учитывает издержки и выигрыш как заказчиков продукции (транспортных и энергетических предприятий, Вооруженных сил и др.), так и организаций промышленности (производственных, научных, конструкторских). Интересы промышленности и заказчиков ее продукции должны согласовываться на самом высшем уровне – национальной экономики и обороны. Разумеется, такое надведомственное согласование интересов возможно лишь на соответствующем уровне управления – например, в Военно-промышленной комиссии Российской Федерации, возглавляемой Президентом РФ, в Морской и Авиационной коллегиях, что обеспечивает принятие рациональных (с общегосударственной точки зрения) решений, даже если они противоречат чьим-либо ведомственным или корпоративным интересам.

### 3.4 Опыт стратегического управления научно-технологическим развитием за рубежом

Вопреки стереотипам страны-лидеры в экономической и технологической сферах не только не отказываются от активного государственного управления развитием, в особенности научно-технологическим. Напротив, их успехи в этой сфере в значительной мере объясняются именно развитой, методологически передовой и действенной системой стратегического управления и планирования. Можно даже утверждать, что эти державы «перепланировали» нашу страну, что и позволило им получить преимущество в научно-технологической, социально-экономической, военно-политической сферах.

В то же время правомерно утверждать, что основы теории стратегического планирования были сформированы именно в Советской России еще в 20-е годы прошлого столетия. Теоретической базой для развития стратегических основ планирования в тот период послужили основные идеи марксизма о необходимости планомерного руководства хозяйственными системами в целях обеспечения пропорционального развития экономики, а также рекомендации таких ученых, как В.И. Вернадский, Г.М. Кржижановский, Н.Д. Кондратьев, В.А. Базаров и др. о необходимости государственной политики по переводу полуразрушенной экономики страны на новейшую научно-техническую базу на основе электрификации страны. На основании этого в 1920 г. был официально разработан и далее реализован первый в мире долгосрочный стратегический план общенационального масштаба – план ГОЭРЛО. В целом российские экономисты внесли огромный вклад в теорию и практику стратегического планирования, что впоследствии получило широкое распространение в мире. Долгосрочные пятилетние планы стали разрабатываться в таких странах как Китай, Германия, Япония, Индия, Южная Корея, Франция, где широко использовался советский опыт планирования. В нашей стране в своем развитии теория и практика стратегического планирования прошла сложный путь, характеризующийся то повышением, то снижением внимания к нему в различные периоды времени.

Следует отметить, что во времена СССР созданию научно-технического задела придавалось первостепенное значение. Исследования проводились по заказу Министерства обороны СССР и еще 9 министерств оборонной промышленности в рамках Плана фундаментальных и прикладных поисковых работ. План разрабатывался Секцией по оборонным проблемам Министерства обороны (при Президиуме АН СССР). Ежегодно по Плану выполнялось свыше 3000 НИР. Сроки проведения НИР составляли 2-4 года, что позволяло оперативно реагировать на появляющиеся технологические прорывы и своевременно парировать угрозы научно-технического отставания от стран Запада в направлениях, имеющих критическое значение для обороноспособности

государства. Финансирование исследований осуществлялось в следующих пропорциях: 25% – Минобороны СССР, 75% – министерства оборонной промышленности. Координация и контроль исследований, проводимых в рамках Плана, обеспечивались Секцией по оборонным проблемам Министерства обороны (при Президиуме АН СССР), а также видами и родами войск – потенциальными потребителями полученных результатов.

В ведущей державе с рыночной экономикой – в США - развитию государственной системы стратегического планирования, как в гражданской, так и в военной сфере, традиционно уделяется серьезное внимание. Для США характерно многоуровневое стратегическое планирование, суть которого состоит в выборе главных приоритетов развития на федеральном уровне, и в выстраивании на этой основе отношений федеральной власти с администрациями штатов, бизнесом, обществом. В рамках стратегического планирования государством определяются направления, по которым предстоит развиваться обществу, на каких рынках лучше действовать, какие перспективные технологии разрабатывать, как обеспечить социальное равенство и единство страны, каким секторам экономики государство будет отдавать предпочтение, какие негосударственные и общественные структуры поддерживать и на каких условиях.

Наиболее общим документом, определяющим концепцию жизнедеятельности США на период президентского цикла, является Стратегия национальной безопасности, последняя редакция которой была принята Белым домом в феврале 2015 г. Стратегическое планирование должно обеспечивать реализацию сформулированных в Стратегии национальной безопасности амбициозных целей и предполагает разработку федеральных стратегических планов и программ, планов развития штатов и бизнес-организаций. Инициативы, лежащие в русле приоритетных направлений развития, становятся основой для принятия управленческих решений. Стратегия национальной безопасности США, в отличие от подобных документов государств – членов ЕС, выходит далеко за рамки военной сферы, общественной безопасности и экологической направленности. Содержательно Стратегия, в которой провозглашаются глобальное лидерство и исключительная роль Америки, включает четыре блока проблем: безопасность, благосостояние, ценности и международный порядок, покрывающие все сферы деятельности государства и общества.

**Безопасность.** Безопасность в Стратегии США рассматривается в контексте укрепления оборонного потенциала страны; усиления внутренней безопасности; борьбы с устойчивой террористической угрозой; наращивания возможностей по предотвращению конфликтов; противодействия распространению и применению оружия массового уничтожения; борьбы с климатическими

изменениями; обеспечения доступа к общим пространствам (киберпространство, космос, воздух, моря и океаны; всемирная охрана здоровья).

**Благосостояние.** Благосостояние в Стратегии связывается с экономикой, энергетикой, наукой, технологиями и инновациями, с мировым экономическим порядком и борьбой с бедностью.

**Ценности.** Основные тезисы: «Соединенные Штаты должны сохранять верность нашим ценностям дома и продвигать всеобщие ценности за рубежом». Ценности – это: защита демократии и прав человека, неприкосновенность частной жизни, равноправие, поддержка формирующихся демократий, борьба с коррупцией, развитие гражданского общества, противодействие геноциду и массовым злодеяниям.

**Международный порядок.** Переориентация в сторону Азиатско-Тихоокеанского региона, укрепление альянса с Европой, стабильность и мир на Ближнем Востоке и в Северной Африке, инвестирование в будущее Африки, сотрудничество в сфере экономики и безопасности в Северной и Южной Америке.

Стратегия национальной безопасности США задает содержательные ориентиры для всей системы стратегического планирования, которая рассматривается как механизм реализации стратегических целей. В общем виде система документов стратегического планирования США на федеральном уровне может быть представлена в следующем виде: федеральный план работы на год; проект бюджета; на уровне федеральных департаментов (агентств): стратегический план на 4 года и более; федеральные программы, отчет о результатах деятельности за предыдущий год.

США применяют практику долгосрочного бюджетного планирования: строятся многолетние прогнозы по доходам, в законодательном порядке определяются лимиты на размер бюджетного дефицита. Экономическая и фискальная стратегия правительства излагается в ежегодном экономическом докладе президента. Особенностью системы стратегического планирования США является то, что акцент в системе стратегического планирования делается на документы краткосрочного планирования (один год), за исключением Стратегического плана.

Уместно отметить особенности системы прогнозирования США как основы реалистического стратегического планирования. Прогнозирование в США считается одной из важнейших форм аналитической деятельности, создающей условия для эффективного регулирования экономики за счет качественного предвидения складывающихся в стране и в мире тенденций и адекватной оценки перспектив развития. США располагает корпусом профессиональных кадров, широко использующих при разработке прогнозов достижения экономической теории, математических методов и ком-



пьютерной техники. Прогнозами занимаются различные государственные учреждения, научные организации, коммерческие консалтинговые фирмы, негосударственные производственные, финансовые и торговые корпорации. Объекты прогнозирования различаются по масштабам: от мирового масштаба, отдельных регионов мира и мировых рынков до конкретных стран и межстрановых объединений, от США в целом, отраслевых комплексов и территорий до отдельных штатов, городов, городских районов, до отдельных корпораций и фирм до региональных и местных рынков товаров и услуг. Объектами прогноза являются различные сферы жизнедеятельности государства и общества, включая прогнозирование климата, экологию и охрану окружающей среды, демографические процессы, технологическое развитие, природные ресурсы и энергетику и др.

Прогнозирование развития в США сложилось как крупное научное направление и в то же время сформировалось и функционирует как отрасль коммерческой деятельности. Прогнозирование в США непосредственно не встроено в систему стратегического планирования. Распространена практика контрактных заказов на прогнозные разработки, выполняемые для правительственных учреждений и крупных компаний. В США центрами подобных исследований являются Корпорация RAND, Гудзонский институт (Hudson Institute), известные частные консалтинговые компании, такие как Arthur D. Little, Moody's Analytics, Inc. и многие другие. Свой вклад в науку и практику прогнозирования в США вносят университеты. В стране существует устойчивый спрос на прогнозы. Работы в этой сфере финансируются самими университетами, в основном от продажи выполненных ими прогнозов. Система прогнозов и порядок ее использования хотя и не встроены жестко в систему стратегического планирования, в значительной мере являются ее основой и позволяют органам государственного управления США выстраивать и корректировать политику в сфере управления развитием и принимать решения по увязке планов и программ с бюджетом.

Как указано в [12], сложившаяся практика планирования крупных научно-технических программ (НТП) в США и России существенно различна. Американские НТП формируются в рамках так называемой системы планирования, программирования, разработки и исполнения бюджета. В структуре каждой государственной НТП США выделяют три категории работ: фундаментальные (базовые) исследования, прикладные исследования и разработки (технические и технологические). В Министерстве обороны (МО) США принято выделять семь бюджетных категорий НИОКР – от фундаментальных исследований до подготовки производства, сопровождения и модернизации систем вооружения и военной техники (ВВТ), см. нижеприведенную таблицу.

**Распределение ассигнований, запланированных МО США на реализацию программ НИОКР в 2010 финансовый году (бюджетный запрос)**

Категория НИОКР	Бюджетный запрос, млрд. долл.	Доля, %
1. Фундаментальные исследования	1,798	2,28
2. Прикладные исследования	4,247	5,38
3. Технологические разработки	5,605	7,10
4. Разработка макетных образцов ВВТ и их подсистем (ОКР)	14,323	18,14
5. Испытания ВВТ, ОКР и технологические работы для подготовки промышленного производства образца	17,864	22,63
6. Планирование развития, сопровождение НИОКР, общие проблемы совершенствования боевого управления и эксплуатации. ВВТ и материально-технического обеспечения, стандартизация и унификация	4,557	5,77
7. Модернизация ВВТ, ограниченное производство новых видов ВВТ и опытная эксплуатация	30,551	38,7
<b>Итого</b>	<b>78,945</b>	<b>100</b>

Приведенное в таблице соотношение затрат на разные виды работ отражает вышеописанные принципы – повышенное внимание уделяется именно ранним стадиям жизненного цикла образцов.

Первые три категории работ называют фундаментальными, прикладными исследованиями и технологическими разработками (ФПИТР). В межведомственные НТП с участием МО США в раздел НИОКР, как правило, включают работы только первых трех категорий, поэтому при анализе военного бюджета США и его сопоставлении необходимо уточнять, на какие виды работ направляется финансирование. Например, расходы ФПИТР в бюджетном запросе МО США на НИОКР в 2010 финансовом году запланированы в размере приблизительно 11,65 млрд. долл., что составляет около 15 % от общего объема. Это – именно средства, выделяемые Пентагону на формирование опережающего научно-технического задела для развития системы вооружения.

При этом существуют принципиальные различия между американским подходом и российским подходом к формированию научно-технических программ. Прежде всего, в США нет единых государственных программ в смысле существования ограниченного круга заказчиков и распределителей финансов. Там исключена ситуация, когда только одна организация принимает решения по реализации какой-либо крупной программы – обязательно должна быть конкуренция одного ведомства с другим, в рамках одной программы. Конкуренция ведется по важности полученных результатов и эффективности использования полученных финансов, т.е. в сфере эффективности управления средствами. Практически любое ведомство, получающее деньги из госбюджета США на проведение ФПИТР, является конкурентом другому. Например. Национальный институт стандартов и технологий (NIST) и Министерство обороны напрямую конкурируют друг с другом в области нанотехнологий. Именно поэтому год от года разные ведомства получают то больший, то меньший объемы финансирования – в зависимости от того, кто более эффективно управлял средствами и координировал заказы на НИОКР в определенной области, тот и получает больше средств в последующий период (в той же области). Единого же источника финансирования работ по определенной тематике нет – во избежание коррупции.

Не менее принципиален сам процесс формирования программ. В США федеральные программы ("национальные инициативы") не формируются умозрительно (например, на основе волюнтаризма должностных лиц, экспертных оценок или возможностей определенных исполнителей). Там планирование основывается на результатах фундаментальных и прикладных работ. Только когда созрела критическая масса результатов, т.е. сформирован научно-технический задел, инициируют крупные федеральные программы. В России при формировании крупных программ в научно-технологической сфере программа составляется достаточно узким кругом потенциальных исполнителей. Но конкретный исполнитель, сколь бы компетентен в своей области он ни был, видит проблему лишь в рамках своего сегмента работ. В результате программа формируется, исходя из того, что могут конкретные предприятия – однотипные, принадлежащие к одной отрасли или области техники. Среди них нет межотраслевых, межвидовых организаций, которые видели бы проблему в комплексе.

Помимо этого, в США очень велик объем экспериментальной работы по оценке характеристик и показателей изделий. Причем в рамках отработки концепций применения технических устройств. На экспериментальные работы выделяется примерно столько же денежных средств, что и на разработку. Периодически проводятся демонстрации, показы, натурные отработки, и лишь по их итогам принимаются решения о переходе на следующие этапы (та же идеология заложена и в шкалу УГТ). В сфере военной техники

– обязательно через учения, через испытания в локальных войнах. Только так определяются полезные свойства технических систем.

Обобщая сказанное, автор работы [12] отмечает, что различия в подходах США и России приводят к принципиальному расхождению в научно-техническом планировании. В США система формирования НТП ориентирована на быструю проверку реализуемости самой научной идеи и своевременную оценку показателей эффективности связанных с ней разработок. В России формирование программ зачастую связано со сбором предложений о потенциальных возможностях, но не о способах решения стратегических задач. В России многие программы строятся от возможного, а в США – от необходимого. Относительно особенностей в планировании фундаментальных и прикладных исследований оборонного характера, указывается на следующий установившийся в США порядок. Непосредственно планированием и заказом этих работ в области фундаментальных исследований занимаются три отдела научных исследований (Армии, ВВС и ВМС), четыре управления МО, включая Агентство перспективных исследований (DARPA) и Управление программ по защите от химического и биологического оружия. Межвидовую координацию заказов осуществляет Отдел фундаментальных исследований МО США. Отделы научных исследований армии, ВВС и ВМС не только планируют НТП, но и выступают основными заказчиками в области фундаментальных и прикладных исследований в МО.

Важной частью исследований в программах приобретения ВВТ является выявление и анализ альтернативных военно-технических концепций и технологических решений поставленных задач. Этот этап в формировании программы приобретения получил обобщенное название "анализ альтернатив" – его необходимость и обоснована выше как основного элемента концепции опережающего создания НТЗ. Анализ альтернатив – это ключевая особенность подхода США к научно-техническому планированию. Большая работа в любом направлении всегда начинается с того, что заказчик проводит многокритериальное сравнение нескольких вариантов (альтернатив) решения задач. Поэтому все работы, включая ФПИТР, обязательно доводятся до состояния, когда их можно сравнивать в контексте поставленной генеральной задачи. Обязательность анализа альтернатив не только снижает риски принятия решений в ходе реализации НТП, но формирует конкурентную среду для исполнителей работ. Как пишет автор исследования [12], в СССР такая практика была нормой, в некоторых случаях специально создавались НИИ и КБ, которые конкурировали между собой на уровне альтернативных научных идей и технических разработок.

Создание в США в 1958 г. Агентства перспективных исследований в структуре Министерства обороны США – DARPA (Defense Advanced Research

Projects Agency) – ставило своей целью сохранение технологического превосходства вооруженных сил США, предотвращение внезапного для США появления новых технических средств вооруженной борьбы, поддержка прорывных исследований, преодоление разрыва между фундаментальными исследованиями и их внедрением в военной сфере. DARPA было создано именно для того, чтобы устранить узкие места ведомственных НИОКР, оказать финансовую поддержку тем проектам, которые не могут быть поддержаны и профинансированы в рамках исследовательских программ других военных ведомств. Подход DARPA к НИОКР отличается большей гибкостью и свободой, позволяет расширить возможности НИОКР, отойти от существующей системы требований и регламентов, связывающей другие ведомства Министерства обороны США.

Основная задача DARPA – приведение в соответствие военных задач и технологических возможностей, включая новые боевые концепции, которые открываются с помощью этих технологий. Сложность такого подхода состоит в том что, во-первых, некоторые военные задачи не имеют простого и очевидного технического решения, а во-вторых, многие возникающие технологии могут иметь значение для Вооруженных сил только в долгосрочной перспективе. При этом риск недостижения заявленных показателей может быть достаточно высоким. Большинство технологических новшеств, сформировавших облик современных вооруженных сил США, были разработаны и внедрены при непосредственной поддержке DARPA. К ним относятся: технология «стелс», различное высокоточное оружие, новейшие средства разведки и наблюдения.

Помимо этого, к сфере ответственности DARPA относятся те исследования, которые не находят поддержки у подразделений НИОКР вооруженных сил:

- комплексные исследования (межведомственные и междисциплинарные), лежащие на стыке сфер ответственности ведомственных программ НИОКР;
- исследования, сопряженные с высоким риском;
- опережающие исследования (разработка проблем, решения которых могут актуализироваться в будущем, а результаты уже сегодня привести к постановке новых задач).

За свою историю DARPA не менее пяти раз кардинально меняло концепцию своей работы, приводя ее в соответствие с новыми реалиями. С момента создания в 1958 году главной задачей было обеспечение приоритета в прорывных научно-технических решениях и фундаментальных исследованиях. С 1970-х гг. Агентство ориентируется на оборонные исследования, имеющие непосредственное прикладное военное применение, затем – ставит задачу

системного планирования и внедрения прикладных разработок в военное ведомство. В 1980-х приоритеты научно-технической политики сдвигаются в сторону повышения конкурентоспособности американской промышленности. С начала 1990-х на переднем плане – закрепление приоритета американской экономики и ориентация на создание глобальных технологий вооруженной борьбы. Терракты 11 сентября 2001 г. во многом поменяли видение предмета исследовательской деятельности DARPA – переориентировав миссию на решение тактических задач вооруженных сил, развитие систем высокоточного оружия, информационной безопасности и т.д.

Хотя деятельность Агентства концентрируется преимущественно на военной проблематике, заметная часть его программ посвящена разработке технологий, имеющих двойное назначение. Интернет, производство полупроводников и интегральных схем - в основе всех этих направлений, широко используемых в настоящее время гражданским сектором, лежат разработки, осуществленные при непосредственном участии DARPA. Масштабы деятельности DARPA по уровню финансирования небольшие. Однако влияние этой организации на развитие как военных технологий США, так и технологий двойного назначения сложно переоценить.

Считается, что DARPA привлекает исключительно университеты и малые корпорации. Это не совсем так и справедливо только для небольших проектов – до 1 млн. долларов. На крупные проекты привлекаются R&D подразделения крупных корпораций, таких как Boeing, Lockheed Martin, BAE Systems и т.д. с вузами и малыми фирмами в качестве подрядчиков. При этом проект получает технологии и компетенции крупных корпораций, а корпорации – часть интеллектуальной собственности и зафиксированную в контракте норму прибыли от реализации исследовательского проекта.

Таким образом, система стратегического управления научно-технологическим развитием в США практически соответствует обоснованной выше современной концепции создания новой техники и технологий на основе критического анализа альтернатив и опережающего создания научно-технического задела. Формирование в России системы, не уступающей зарубежной по эффективности – необходимое условие выживания нашей страны в глобальной научно-технологической и военно-политической конкуренции.

## Глава 4. Комплексная система управления научными исследованиями и разработками

### 4.1 Описание процессов комплексной системы управления и их взаимосвязи

Необходимость повышения качества управления прикладными научными исследованиями и разработками, а также развитием самой прикладной науки (ее организаций, экспериментальной базы, методов и средств исследований) потребовала решения ряда задач в сфере управления сложными организационными системами. ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» совместно с Институтом проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН ведет систематические исследования и разработки в области методологии управления прикладными НИР и развитием прикладной науки (на примере авиастроения). Методологические разработки в сфере стратегического планирования прикладных НИР, оценки эффективности их результатов, прогнозирования развития технологий, тактического управления реализацией прикладных НИР, управления развитием экспериментальной базы и кадрового потенциала прикладной науки изложены в целом ряде работ [30, 47, 53] и трудов научно-практических конференций, проводимых совместно указанными организациями [62, 78].

Фактически, на основе прогрессивных управленческих подходов, развивающихся в авиастроении (и описанных в различных разделах этой книги), формируется комплексная система управления прикладными НИР и развитием прикладной науки. Здесь описаны и обоснованы состав и структура этой системы, основные процессы ее функционирования.

В основе развиваемой системы управления лежит программно-целевой принцип. Прикладные научные исследования и разработки должны служить достижению целей, которые ставит перед данной отраслью (областью техники, и т.п.) и прикладной наукой государство и общество. Развитие технологий и потенциала самой прикладной науки (кадров, экспериментальной базы и т.п.) должно быть планомерным, т.е. должно происходить согласно разрабатываемым планам и программам. Это необходимо, поскольку соответствующие процессы являются длительными. Однако реализовать на практике эти, на первый взгляд, бесспорные принципы в управлении развитием науки и технологий проблематично.

Нередко цели, которые ставит перед отраслью государство и общество, не сформулированы явно на высшем, общегосударственном уровне. Поэтому приходится их конкретизировать на уровне отраслевой науки. Далее поставленные цели развития необходимо формализовать в виде ко-

личественных показателей их достижения. Итак, вначале должны быть определены генеральные цели развития соответствующей области деятельности – например, транспорта, энергетики, обороны и т.п., и показатели их достижения, без конкретизации конкретного способа их достижения. Например, цели развития транспорта могут формулироваться так: *«обеспечить перемещение пассажиров между определенными категориями пунктов со средней скоростью не ниже..., по тарифу не выше...»*. Аналогично указываются требуемые уровни безопасности, экологического воздействия на окружающую среду и т.п.

Планомерность вступает в противоречие с неопределенностью, присущей исследованиям и инновационным разработкам, особенно в периоды смены технологических укладов. Неопределенность и риск касаются сроков создания технологий, их фактических (а не ожидаемых) характеристик, потребных объемов ресурсов. Кроме того, есть риски взаимодействия различных технологий между собой. Оно может быть как полезным, так и вредным и даже опасным. Поэтому разработку технологий для их внедрения в производство следует вести не изолированно, а в рамках технических *концепций* – совокупностей взаимодействующих технологий (по возможности, взаимодополняющих), на основе которых можно разработать некоторые классы изделий.

На ранних стадиях развития эффективность, в смысле достижения генеральных целей (и даже работоспособность) новых технологий и технических концепций еще не определена достоверно. Во избежание потерь времени и недостижения генеральных целей развития, целесообразно рассматривать широкий спектр идей, технических решений, возможных технических концепций, даже из разных отраслей и областей техники. По мере их разработки и повышения уровней готовности, уточняются оценки их эффективности. Становится возможным отбросить заведомо неработоспособные технологии и концепции, сосредоточив ресурсы на более перспективных.

Поэтому процессы прогнозирования развития технологий должны включать в себя

- формирование требований к перспективной технике (вначале – требований верхнего уровня, т.е. показателей решения целевых задач);
- прогнозирование технологических возможностей, т.е. характеристик изделий, разработанных на основе различных технических концепций.

Эти процессы связаны двусторонней связью.

Возможности следует оценивать в свете определенных целей и требова-



ний. Например, интересны не сами по себе возможности создания полимерно-композитных материалов различного состава (их многообразие необозримо), а именно возможности создания материалов с высокими характеристиками прочности и плотности.

Но и сами требования и цели приходится корректировать с учетом реальных возможностей. Например, безусловно желательно, с социально-экономической точки зрения, дать возможность каждому гражданину России переместиться в любую точку страны не более чем за четыре часа за сумму, не превышающую 10% средней месячной зарплаты (похожие цели декларируются в наиболее развитых странах ЕС). Однако в обозримом будущем, с учетом размеров и природных особенностей нашей страны, а также достижимого уровня социально-экономического развития, современные и перспективные технологии не позволят решить столь амбициозную задачу, и уровень требований придется снижать.

Так, в конце концов, итеративным согласованием требований и возможностей, формируется обоснованный прогноз развития технологий. Определяются технологии и технические концепции, которые, с одной стороны, реально можно создать, а с другой стороны – нужно создавать, т.е. они удовлетворяют требованиям.

Процесс стратегического планирования развития технологий заключается в отборе оптимальных из числа допустимых (по итогам прогнозирования) технических концепций и технологий. Кроме их «полезности» с точки зрения достижения генеральных целей, необходимо учитывать затраты времени и других ресурсов на их разработку, и располагаемый объем этих ресурсов. Т.е. решается оптимизационная задача с ограничениями. При этом целевая функция не всегда может быть формализована. Степень достижения генеральных целей определяется и «взвешивается» только ЛПР верхнего уровня.

Со стратегией развития технологий связана и стратегия развития самой прикладной науки, ее ресурсов (экспериментальной базы, научных кадров и коллективов – центров компетенции). Взаимосвязь стратегического планирования развития технологий и развития потенциала прикладной науки должна быть двусторонней. Т.е. некорректно считать, что развитие потенциала науки лишь подчинено стратегии развития технологий.

Стратегические планы, сформированные без учета потребных затрат ресурсов и времени на разработку технологий, по меньшей мере, неоптимальны. Даже если некоторые технологии и технические концепции обладают наивысшей «полезностью», с точки зрения достижения генеральных целей технологического развития, необходимо также учиты-

вать затраты на разработку этих технологий. Причем, даже если затраты средств на прикладные НИР на порядок и более ниже ожидаемых выигрышей от применения этих технологий, длительность их создания (особенно с учетом высоких рисков ее роста) может критически отразиться на общем эффекте за весь жизненный цикл.

Вполне возможно (и имеет место в реальности), что сформированные без учета ресурсного обеспечения стратегические планы развития технологий не только неоптимальны, но даже не являются допустимыми. Они просто не будут выполнены, поскольку ресурсов (не только финансовых) недостаточно – даже с учетом возможностей развития потенциала науки – для выполнения необходимых исследований и разработок.

Развитие потенциала науки (ее экспериментальной базы, научных центров компетенции) должно опережать развитие самих технологий, поскольку эти ресурсы обеспечивают проведение исследований. В то же время требования к потенциалу определяются планами развития технологий. Поэтому и эти два процесса планирования итеративно взаимодействуют, постепенно уточняются и требования к ресурсам науки (и вытекающие из них оценки ресурсоемкости разработки технологий), и планы развития технологий и технических концепций.

На основе стратегических планов формируются краткосрочные программы исследований и разработок, и программы развития потенциала самой науки. По мере их реализации ведется постоянный мониторинг промежуточных результатов исследований и разработок. Это и есть указанное выше уточнение реальной эффективности различных технологий и технических концепций, которая должна учитываться при прогнозировании технологических возможностей. Так замыкается контур управления развитием технологий и развитием потенциала самой прикладной науки.

Общая структура процессов в описанной системе управления показана на рис. 4.1.

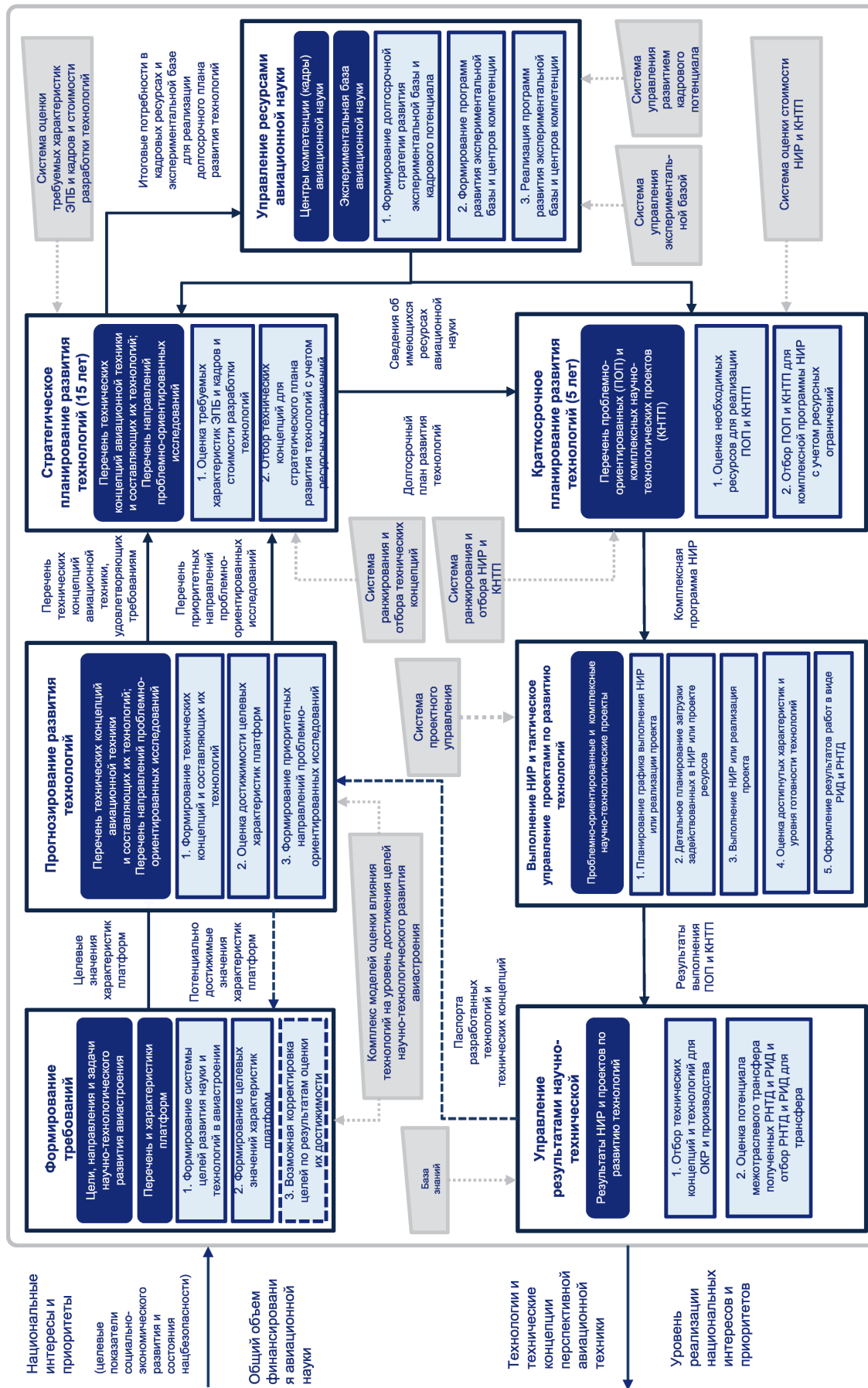


Рисунок 4.1 Схема системы управления прикладной наукой (на примере авиастроения)

Вероятно, описанный выше и показанный на рис. 4.1 состав процессов не окончателен. Так, при прогнозировании технологических возможностей и при управлении результатами научно-технической деятельности следует учитывать и данные мониторинга исследований и разработок в других отраслях и областях техники, и за рубежом, как для понимания конкурентного окружения, так и для понимания возможностей трансфера технологий в данную отрасль и из нее. Кроме того, многие процессы в этой схеме (как процессы формирования и принятия решений, так и процессы их реализации – т.е. собственно исследований и разработок, развития потенциала науки) имеют разные характерные длительности. И даже долгосрочное, стратегическое планирование должно носить «скользящий» характер – стратегические планы должны корректироваться почти постоянно в процессе проведения исследований, с учетом изменения внешних условий, а также достигнутых результатов в данной области науки и техники. Поэтому более точная блок-схема, отражающая «прохождение сигналов» в этой системе управления, должна включать в себя разные контуры управления, более «быстрые» и «медленные», итеративное повторение ряда процессов.

Отдельный круг проблем касается организационного обеспечения функционирования этой системы управления, даже если она признана корректной. Необходимо уточнить состав субъектов управления, которые должны обладать, в т.ч., должными когнитивными возможностями, методическим аппаратом, исходной информацией. Предстоит решить известные в институциональной экономике проблемы стимулов для разных субъектов, которые должны быть заинтересованы в реализации, теоретически, эффективных принципов и процессов управления. Ниже, в главе 9, будут представлены конкретные решения некоторых из обозначенных проблем.

## 4.2 Структура и основные подсистемы комплексной системы управления научно-технологическим развитием

Здесь и далее применены следующие термины с соответствующими определениями:

**КСУ НИР** – Комплексная система управления научными исследованиями и разработками.

**подсистема КСУ НИР:** часть КСУ НИР, обеспечивающая выполнение определенной функции.

**процесс КСУ НИР:** совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих видов деятельности (операций), направленных на достижение определенного результата. *Примечание: Для реализации процесса используются входные данные, намеченный результат является выходом. Входами для*

*процесса могут быть выходы других процессов, а выходы процессов обычно являются входами для других процессов. Два или более взаимосвязанных и взаимодействующих процессов совместно могут также рассматриваться как подпроцессы процесса.*

**технология авиастроения:** результат научно-технической деятельности, который может служить технологической основой определенной практической деятельности в сфере авиастроения, представленный в одной из следующих форм:

- продуктовая технология – описание авиационной техники (ее устройства, конструктивных решений и характеристик, условий и порядка использования);
- производственная технология – описание приемов, методов, операций и процессов различного характера, программного обеспечения, предназначенных для использования в производстве авиационной техники и материалов;
- состав авиационных материалов.

**научно-технический задел (НТЗ):** совокупность новых знаний и технических решений, на основе и с использованием которых возможна разработка новой продукции или способов ее производства;

**генеральная цель развития науки и технологий в авиастроении:** цель развития науки и технологий в авиастроении, сформированная на общесистемном уровне (уровне авиатранспортной системы и национальной экономики, группировок авиационной техники военного и специального назначения и национальной обороны страны).

**показатель достижения цели:** величина, изменение которой позволяет оценить успешность достижения этой цели.

**характеристика авиационной техники:** отличительное свойство авиационной техники, значимое при ее разработке, производстве и эксплуатации.

**платформа:** набор требований к характеристикам авиационной техники для определенного рынка услуг (для одной рыночной ниши может быть сформировано несколько платформ).

**система летательного аппарата:** составная часть летательного аппарата, выделенная по функциональному и/или конструктивному признаку (например, планер, силовая установка, комплекс бортового оборудования).

**техническая концепция авиационной техники** (техническая концеп-

**ция, ТКАТ):** вариант реализации перспективного летательного аппарата с описанием технических решений его основных систем (планера, силовой установки, бортового оборудования).

**направление развития науки и технологий в авиастроении:** совокупность технологий, направленных на улучшение определенного набора характеристик авиационной техники.

**системная интеграция технологий:** организационная и научно-техническая деятельность по объединению различных технологий в целях обеспечения наиболее эффективного их сочетания.

**уровень готовности технологии (УГТ):** показатель состояния процесса разработки отдельной технологии, позволяющий в рамках формализованной шкалы оценить степень ее зрелости для практического использования при разработке и производстве инновационной продукции.

**уровень готовности системы (УГС):** показатель состояния процесса разработки ТКАТ (или системы летательного аппарата как составной части ТКАТ), позволяющий при системной интеграции технологий оценить степень проработанности связей между компонентами систем, а также степень зрелости ТКАТ в целом для практического использования при разработке и производстве инновационной продукции.

**прикладная научно-исследовательская работа (прикладные научные исследования):** комплекс теоретических или экспериментальных исследований, проводимых с целью создания и развития технологий авиастроения.

**проблемно-ориентированный проект (ПОП):** совокупность прикладных научно-исследовательских работ, направленных на разработку отдельных технологий, анализ новых технических решений и проверку их работоспособности.

**технологический проект:** совокупность прикладных научно-исследовательских работ, опытно-конструкторских и др. работ, направленных на развитие методов и средств исследований и испытаний, в т.ч. экспериментальной и полигонной базы.

**комплексный научно-технологический проект (КНТП):** совокупность прикладных научно-исследовательских работ, направленных на системную интеграцию взаимосвязанных технологий в рамках ТКАТ или системы летательного аппарата как составной части ТКАТ.

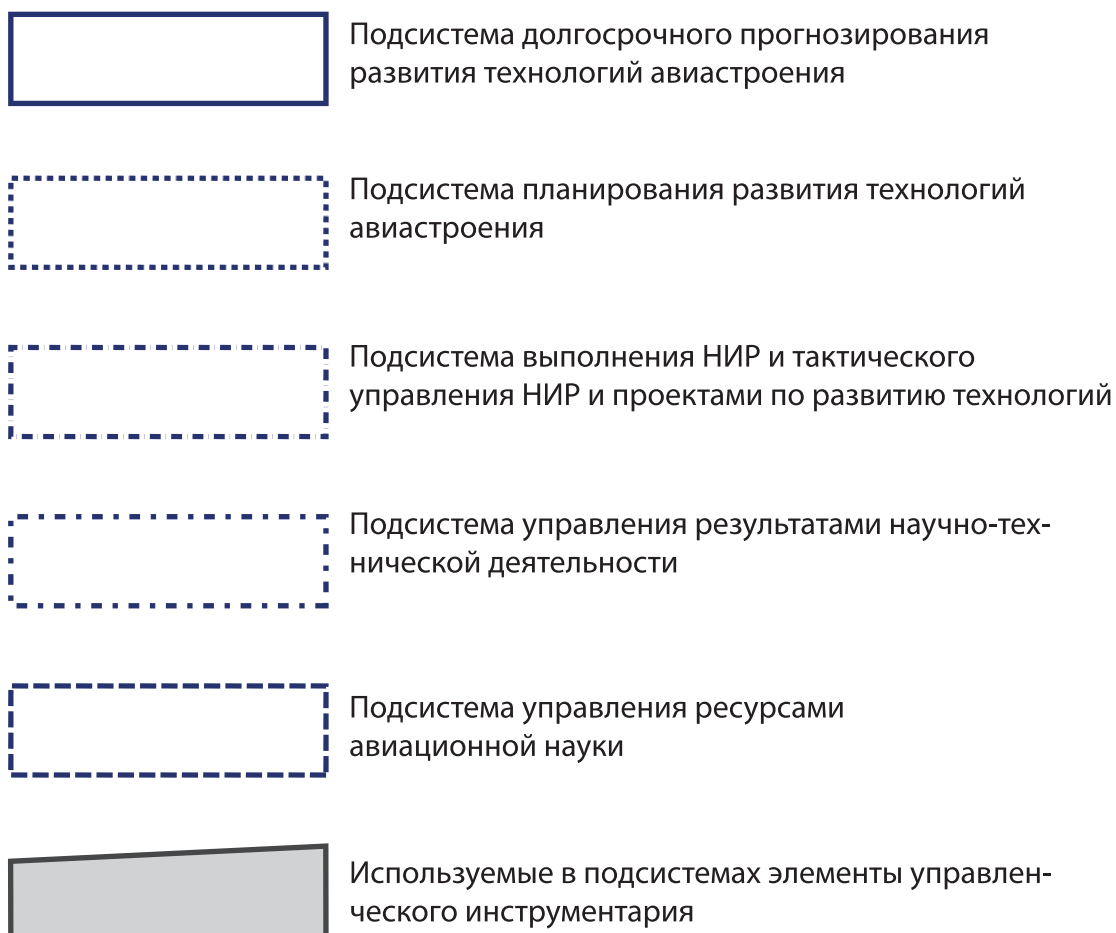
**мониторинг:** определение статуса системы, процесса, продукции, услуги или действия посредством проверки, контроля или отслеживания на различных этапах или сроках.

#### 4.2.1 Структура (состав подсистем) комплексной системы управления научными исследованиями и разработками

Комплексная система управления научными исследованиями и разработками состоит из следующих подсистем:

- Подсистема долгосрочного прогнозирования развития технологий авиастроения;
- Подсистема планирования развития технологий авиастроения;
- Подсистема выполнения НИР и тактического управления НИР и проектами по развитию технологий;
- Подсистема управления результатами научно-технической деятельности;
- Подсистема управления ресурсами авиационной науки.

Каждая из этих подсистем реализует один или несколько процессов. Описание процессов, их входов и выходов приведено ниже. На рисунке 4.2 показаны процессы КСУ НИР в рамках данных подсистем. Условные обозначения подсистем:



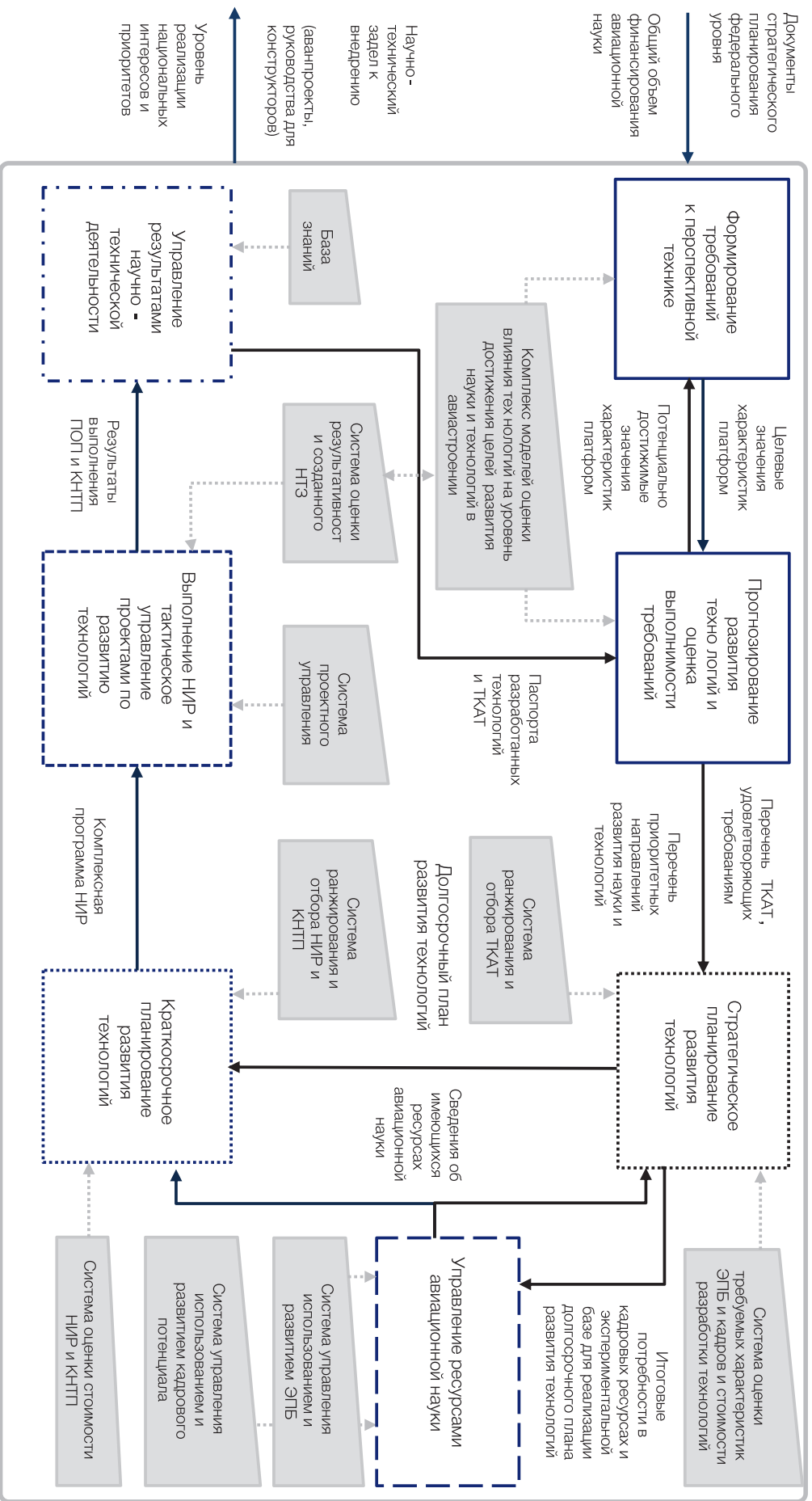


Рисунок 4.2 Комплексная система управления научными исследованиями и разработками



## 4.2.2 Подсистема долгосрочного прогнозирования развития технологий авиастроения

### Краткое описание подсистемы

В данной подсистеме формируется долгосрочный прогноз развития технологий авиастроения. С одной стороны, формируются требования к перспективной технике, с другой стороны – технические концепции авиационной техники. Оцениваются характеристики техники, которых можно достичь с использованием имеющихся или гипотетических новых технологий.

В долгосрочный прогноз развития технологий входят:

- перечень генеральных целей развития науки и технологий в авиастроении на прогнозный период и целевых значений показателей их достижения;
- перечень ТКАТ, которые могут быть разработаны в прогнозный период, удовлетворяющих требованиям платформ на прогнозный период, с указанием соответствия платформ и ТКАТ и оценками достижимых характеристик ТКАТ;
- перечень приоритетных направлений развития науки и технологий в авиастроении и оценки достижимых характеристик технологий, которые могут быть разработаны в прогнозный период в рамках этих приоритетных направлений;
- система прогнозных значений показателей достижения генеральных целей научно-технологического развития авиастроения.

### Процессы подсистемы

Подсистема обеспечивает выполнение следующих процессов:

- Формирование требований к перспективной технике (Таблица 4.1);
- Прогнозирование развития технология и оценка выполнимости требований (Таблица 4.2).

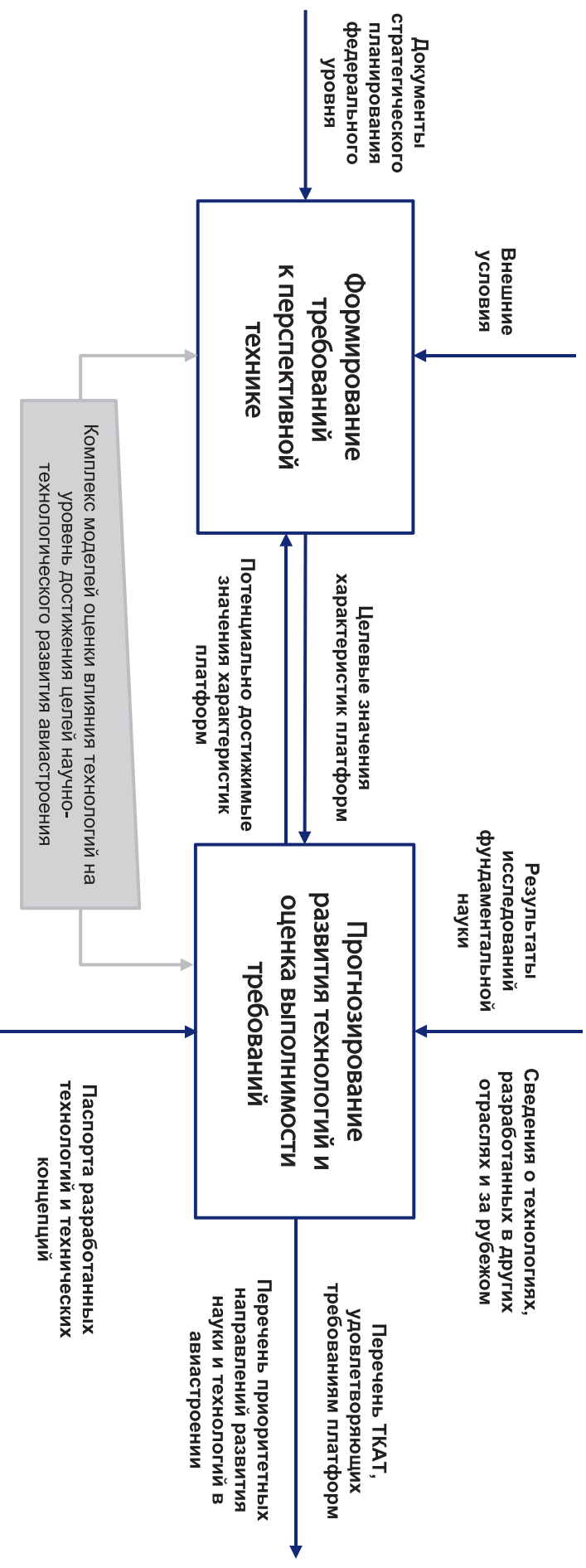


Рисунок 4.3 Подсистема долгосрочного прогнозирования развития технологий авиационной техники

**Таблица 4.1 Атрибуты процесса формирования требований к перспективной технике**

<b>Входы</b>	Документы стратегического планирования федерального уровня Внешние условия Потенциально достижимые значения характеристик платформ
<b>Выходы</b>	Целевые значения характеристик платформ
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Комплекс моделей оценки влияния технологий на уровень достижения целей развития науки и технологий в авиастроении

**Таблица 4.2 Атрибуты процесса прогнозирования развития технологий и оценки выполнимости требований**

<b>Входы</b>	Целевые значения характеристик платформ Паспорта ранее разработанных технологий и технических концепций Сведения о технологиях, разработанных в других отраслях и за рубежом Результаты исследований фундаментальной науки
<b>Выходы</b>	Перечень технических концепций, удовлетворяющих требованиям к платформам Потенциально достижимые значения характеристик платформ Перечень приоритетных направлений развития науки и технологий в авиастроении, и оценки достижимых характеристик технологий, которые могут быть разработаны по этим направлениям
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Комплекс моделей оценки влияния технологий на уровень достижения целей развития науки и технологий в авиастроении

#### **4.2.3 Подсистема планирования развития технологий авиастроения**

##### **Краткое описание подсистемы**

В данной подсистеме формируются долгосрочный план развития техно-

логий авиастроения и комплексная программа научно-исследовательских работ. При формировании планов учитываются доступные ресурсы и оцениваются возможности их развития. При этом могут ставиться и решаться следующие многокритериальные оптимизационные задачи:

- максимизация уровня достижения генеральных целей при заданных уровнях технологической готовности систем и уровнях готовности отдельных технологий (выбор проектов с потенциально наибольшим уровнем реализации стратегических приоритетов, но высокими технологическими рисками, либо высокой ресурсоемкостью);
- максимизация уровней технологической готовности систем и уровней готовности отдельных технологий при заданном уровне достижения генеральных целей (выбор наименее рискованных и ресурсоемких проектов с гарантированной реализацией только некоторых стратегических приоритетов).

В стратегический план развития технологий авиастроения на долгосрочный плановый период входят:

- отобранный с учетом ожидаемых ресурсных ограничений на плановый период перечень технических концепций авиационной техники с указанием:
  - состава новых технологий, входящих в эти технические концепции;
  - прогнозных значений их технических характеристик;
  - плановых уровней готовности систем;
- перечень приоритетных направлений развития науки и технологий в авиастроении с указанием:
  - прогнозных характеристик отдельных технологий по этим направлениям;
  - плановых уровней готовности технологий в рамках этих направлений.

В комплексную программу научно-исследовательских работ на краткосрочный плановый период входят:

- перечень технических концепций авиационной техники, которые должны быть разработаны в плановый период с учетом известных лимитов финансирования и имеющихся фиксированных ресурсов, с указанием
  - состава новых технологий, входящих в эти технические концепции;
  - прогнозных значений их технических характеристик;

- плановых уровней готовности систем;
- перечень и недетализированные планы реализации комплексных научно-технологических проектов с указанием
  - технических концепций авиационной техники, разрабатываемых в рамках проекта;
  - этапов проекта и сроков достижения запланированных уровней технологической готовности систем;
  - объемов задействованных кадровых ресурсов по этапам проекта;
  - объемов задействованных ресурсов экспериментальной и полигонной базы по этапам проекта;
- перечень приоритетных направлений развития науки и технологий в авиационной промышленности, которые должны быть разработаны в плановый период с учетом известных лимитов финансирования и имеющихся фиксированных ресурсов, с указанием
  - прогнозных характеристик отдельных технологий по этим направлениям;
  - плановых уровней готовности технологий в рамках этих направлений;
- перечень и недетализированные планы реализации проблемно-ориентированных проектов с указанием
  - технологий, разрабатываемых в рамках проекта;
  - этапов проекта и сроков достижения запланированных уровней готовности технологий;
  - объемов задействованных кадровых ресурсов по этапам проекта;
  - объемов задействованных ресурсов экспериментальной и полигонной базы по этапам проекта.

#### Процессы подсистемы

Подсистема обеспечивает выполнение следующих процессов:

- Процесс стратегического планирования развития технологий (Таблица 4.3);
- Процесс краткосрочного планирования развития технологий (Таблица 4.4)

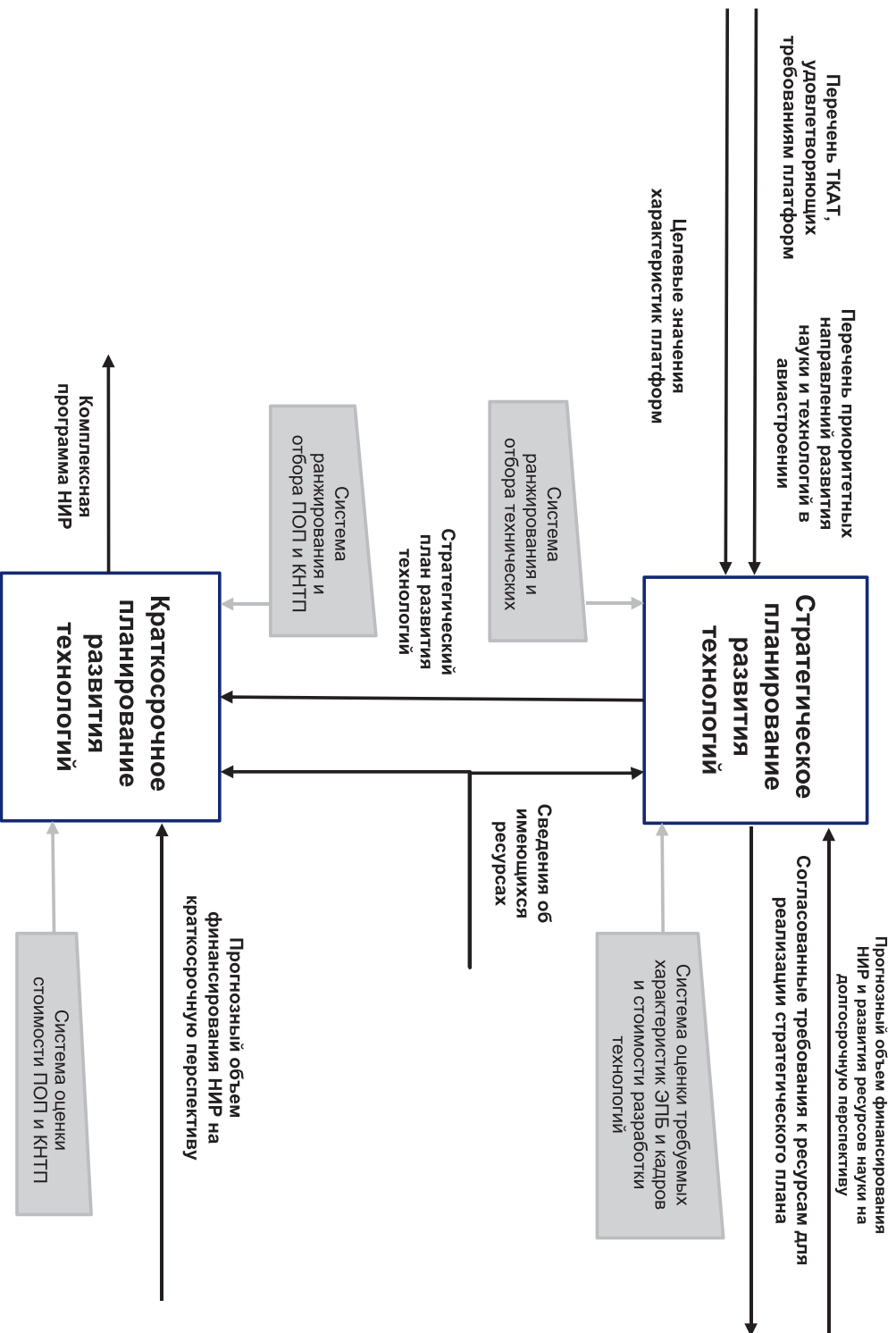


Рисунок 4.4 Подсистема планирования развития технологий авиационной

**Таблица 4.3 Атрибуты процесса стратегического планирования развития технологий**

<p><b>Входы</b></p>	<p>Перечень технических концепций авиационной техники, удовлетворяющих требованиям (в т.ч. сопоставление платформ и соответствующих технических концепций)</p> <p>Перечень приоритетных направлений развития науки и технологий в авиастроении</p> <p>Целевые значения характеристик платформ</p> <p>Прогнозный объем финансирования НИР и развития ресурсов науки на долгосрочную перспективу</p> <p>Сведения об имеющихся ресурсах (экспериментальной и полигонной базе, кадровом потенциале)</p>
<p><b>Выходы</b></p>	<p>Стратегический план развития технологий</p> <p>Согласованные требования к ресурсам для реализации стратегического плана</p>
<p><b>Используемые элементы управленческого инструментария</b></p>	<p>Система оценки требуемых характеристик ЭПБ и кадров и стоимости разработки технологий</p> <p>Система ранжирования и отбора ТКАТ</p>

**Таблица 4.4 Атрибуты процесса краткосрочного планирования развития технологий**

<p><b>Входы</b></p>	<p>Долгосрочный план развития технологий</p> <p>Прогнозный объем финансирования НИР на краткосрочную перспективу</p> <p>Сведения об имеющихся ресурсах (экспериментальной и полигонной базе, кадровом потенциале)</p>
<p><b>Выходы</b></p>	<p>Комплексная программа научно-исследовательских работ</p>
<p><b>Используемые элементы управленческого инструментария</b></p>	<p>Система оценки стоимости ПОП и КНТП</p> <p>Система ранжирования и отбора ПОП и КНТП</p>

#### **4.2.4 Подсистема выполнения НИР и тактического управления проектами по развитию технологий**

##### **Краткое описание подсистемы**

В данной подсистеме осуществляется реализация проблемно-ориентированных и комплексных научно-технологических проектов, входящих в комплексную программу НИР. При этом процесс выполнения НИР является объектом управления для процесса тактического управления проектами, эти процессы осуществляются разными подразделениями.

Новые результаты научно-технической деятельности и новые знания о технологиях авиастроения, их уточненные характеристики являются результатом процесса непосредственного выполнения НИР. Результатом процесса тактического управления НИР являются детальные планы проектов, скоординированные планы загрузки ресурсов в рамках этих проектов. Также в процессе тактического управления НИР проводится мониторинг их выполнения, принимаются решения о продолжении тех или иных работ и пересмотре планов.

##### **Процессы подсистемы**

Подсистема обеспечивает выполнение следующих процессов:

- Процесс тактического управления проектами по развитию технологий (Таблица 4.5)
- Процесс выполнения НИР (Таблица 4.6)



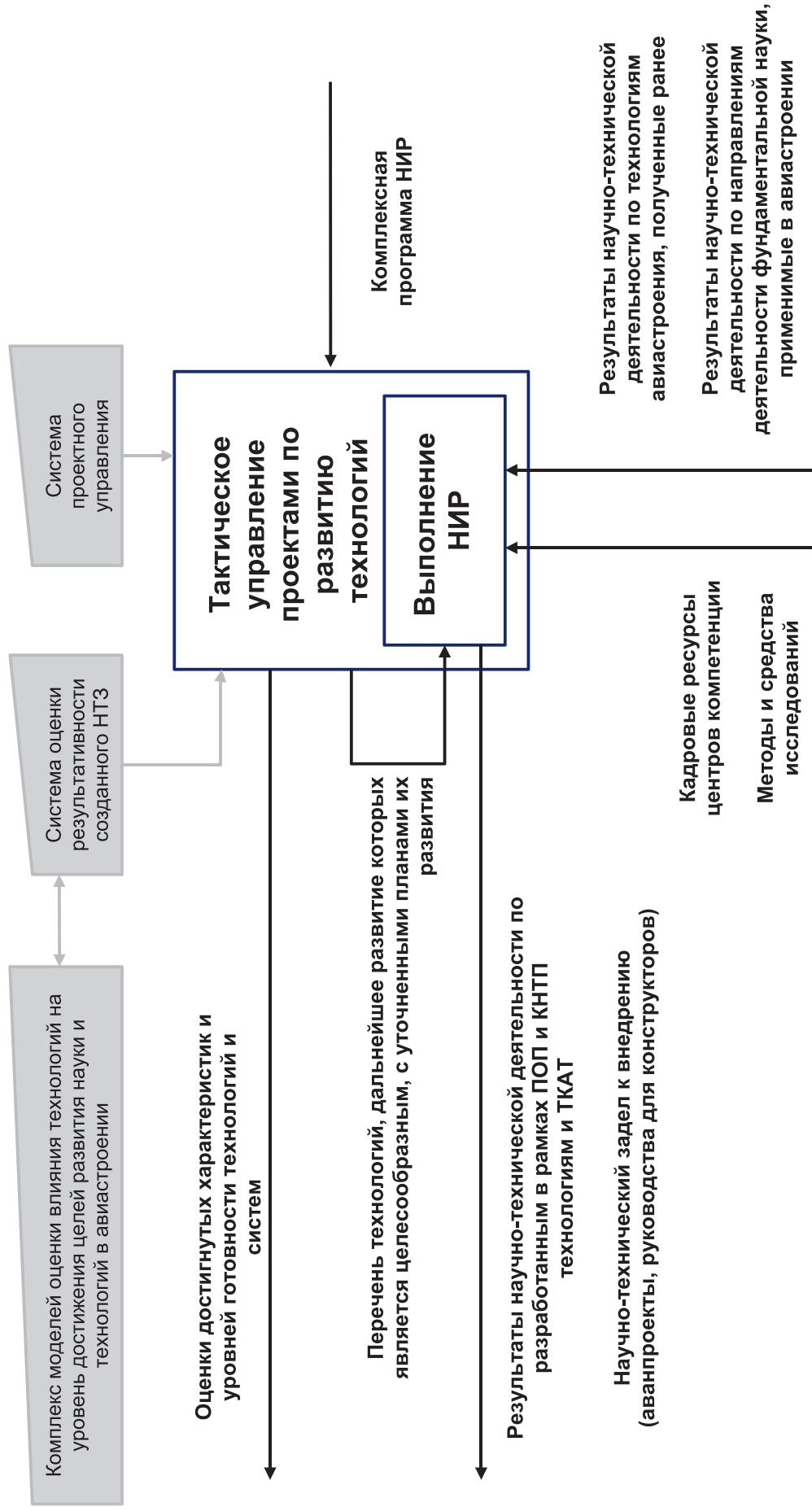


Рисунок 4.5 Подсистема выполнения НИР и тактического управления проектами по развитию технологий

**Таблица 4.5 Атрибуты процесса тактического управления НИР по технологиям**

<b>Входы</b>	<p>Комплексная программа НИР</p> <p>Целевые значения характеристик платформ</p> <p>Нормативно-техническая документация по оценке результативности созданного НТЗ (шкалы УГТ и СГТ)</p>
<b>Выходы</b>	<p>Оценки достигнутых характеристик технических концепций и уровней технологической готовности систем</p> <p>Оценки достигнутых характеристик отдельных технологий и уровней их готовности</p> <p>Перечень технологий, дальнейшее развитие которых является целесообразным, с уточненными планами их развития</p>
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	<p>Система проектного управления</p> <p>Система оценки результативности созданного НТЗ</p> <p>Комплекс моделей оценки влияния технологий на уровень достижения целей развития науки и технологий в авиастроении</p>

**Таблица 4.6 Атрибуты процесса выполнения НИР**

<b>Входы</b>	<p>Результаты научно-технической деятельности по технологиям авиастроения, полученные ранее</p> <p>Результаты научно-технической деятельности по направлениям деятельности фундаментальной науки, применимые в авиастроении</p> <p>Комплексная программа НИР</p>
<b>Выходы</b>	<p>Результаты научно-технической деятельности по разработанным в рамках ПОП и КНТП технологиям и ТКАТ (математические и физические модели, конструкторская документация, формализованные результаты экспериментальных и расчетных исследований, обновленные паспорта технологий)</p> <p>Научно-технический задел к внедрению (аванпроекты, руководства для конструкторов)</p>
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	<p>Система проектного управления</p>

#### **4.2.5 Подсистема управления результатами научно-технической деятельности**

##### **Краткое описание подсистемы**

Данная подсистема обеспечивает:

- структурированное хранение полученных в авиационной науке результатов научно-технической деятельности;
- передачу научно-технического задела, готового к внедрению, в авиационную промышленность;
- поиск иных сфер применения технологий авиастроения и созданных в рамках их развития результатов научно-технической деятельности;
- оформление прав на результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках НИР, сопровождение сделок по их продаже и передаче заинтересованным структурам и организациям

##### **Процессы подсистемы**

В подсистеме осуществляются следующие процессы

- Процесс управления результатами научно-технической деятельности (Таблица 4.7)

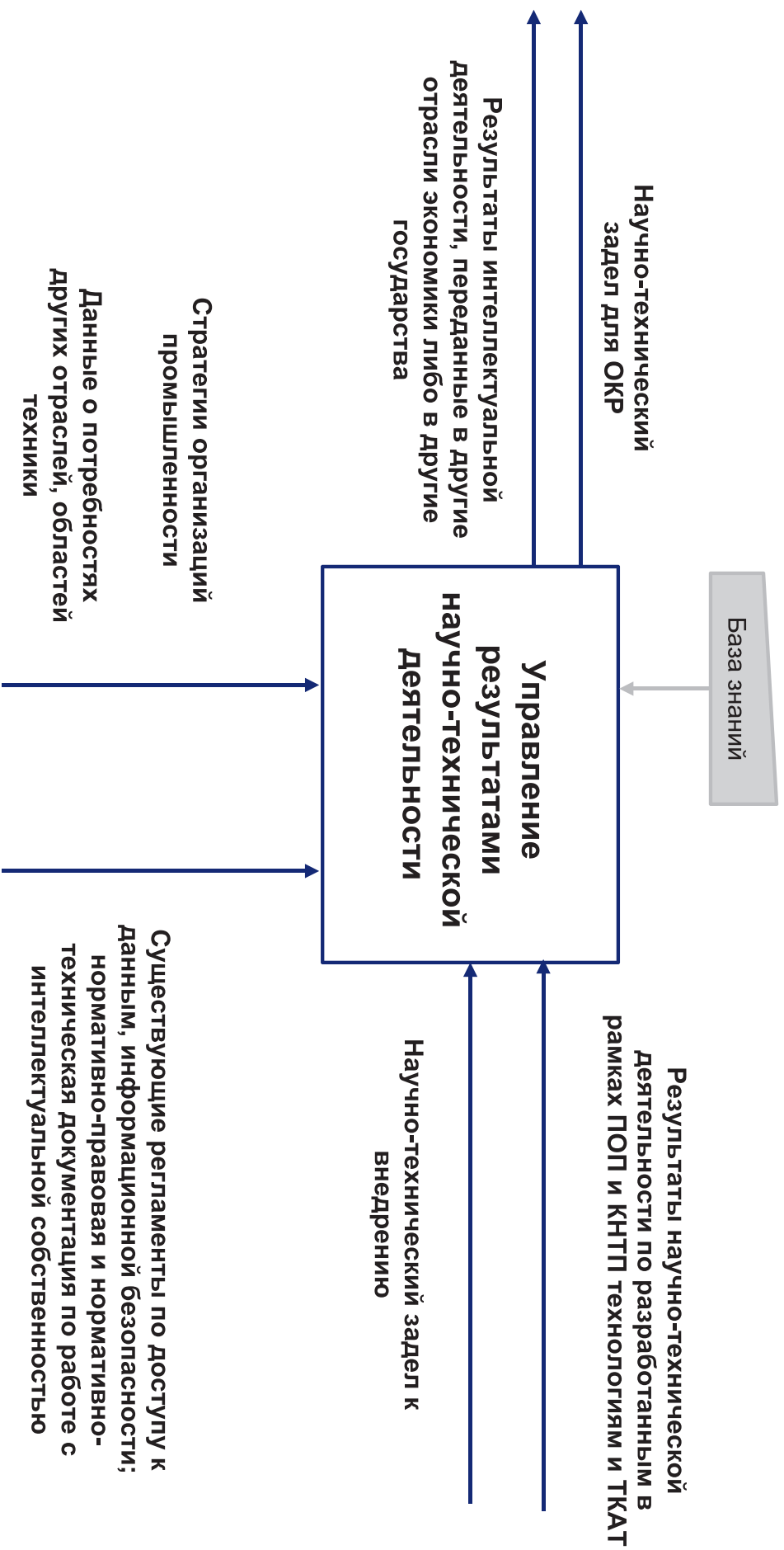


Рисунок 4.6 Подсистема управления результатами научно-технической деятельности

**Таблица 4.7 Атрибуты процесса управления результатами научно-технической деятельности**

<p><b>Входы</b></p>	<p>Результаты научно-технической деятельности по разработанным в рамках ПОП и КНТП технологиям и ТКАТ</p> <p>(математические и физические модели, конструкторская документация, формализованные результаты экспериментальных и расчетных исследований, обновленные паспорта технологий)</p> <p>Научно-технический задел к внедрению (аванпроекты, руководства для конструкторов)</p> <p>Стратегии организаций промышленности</p> <p>Данные о потребностях других отраслей, областей техники</p> <p>Существующие регламенты по доступу к данным, информационной безопасности; нормативно-правовая и нормативно-техническая документация по работе с интеллектуальной собственностью</p>
<p><b>Выходы</b></p>	<p>Научно-технический задел для ОКР</p> <p>Результаты интеллектуальной деятельности, переданные в другие отрасли экономики либо в другие государства</p>
<p><b>Используемые элементы управленческого инструментария</b></p>	<p>База знаний</p>

#### **4.2.6 Подсистема управления ресурсами авиационной науки**

##### **Краткое описание подсистемы**

Данная подсистема является поддерживающей для остальных подсистем КСУ НИР – она реализует процессы управления развитием и использованием ресурсов авиационной науки. Под ресурсами понимаются центры компетенции (кадровые ресурсы), методы и средства исследований (в т.ч. экспериментальная и полигонная база - ЭПБ, расчетные методы и модели).

В рамках подсистемы управления ресурсами по каждому из указанных видов ресурсов можно выделить два контура управления, отличающихся длительностью управленческого цикла, горизонтом планирования и реализации мероприятий: стратегический и тактический.

В стратегическом контуре с долгосрочным горизонтом реализуются про-

цессы стратегического планирования развития ресурсов, т.е. создания новых и развития (модернизации) существующих центров компетенции, объектов ЭПБ, иных средств и методов исследований, в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий, планами по реализации комплексных научно-технологических проектов, планами и программами разработки и испытаний новых образцов авиационной техники.

В тактическом контуре с краткосрочным горизонтом реализуются среднесрочные программы развития центров компетенции, методов и средств исследований, разработанные в соответствии со стратегическим планом. Также в этот контур входит управление загрузкой имеющихся центров компетенции и объектов ЭПБ в текущих научно-исследовательских работах, поддержание работоспособности объектов ЭПБ.

### **Процессы подсистемы**

В подсистеме осуществляются следующие процессы

- Процесс управления развитием методов и средств исследований, в тч. экспериментальной и полигонной базы (Таблица 4.8)
- Процесс реализации стратегии развития методов и средств исследований, в тч. экспериментальной и полигонной базы (Таблица 4.9)
- Процесс управления развитием центров компетенции, кадрового потенциала (Таблица 4.10)
- Процесс реализации стратегии развития кадрового потенциала, центров компетенции (Таблица 4.11)
- Процесс управления использованием экспериментальной и полигонной базы (Таблица 4.12)
- Процесс управления использованием кадрового потенциала (Таблица 4.13)

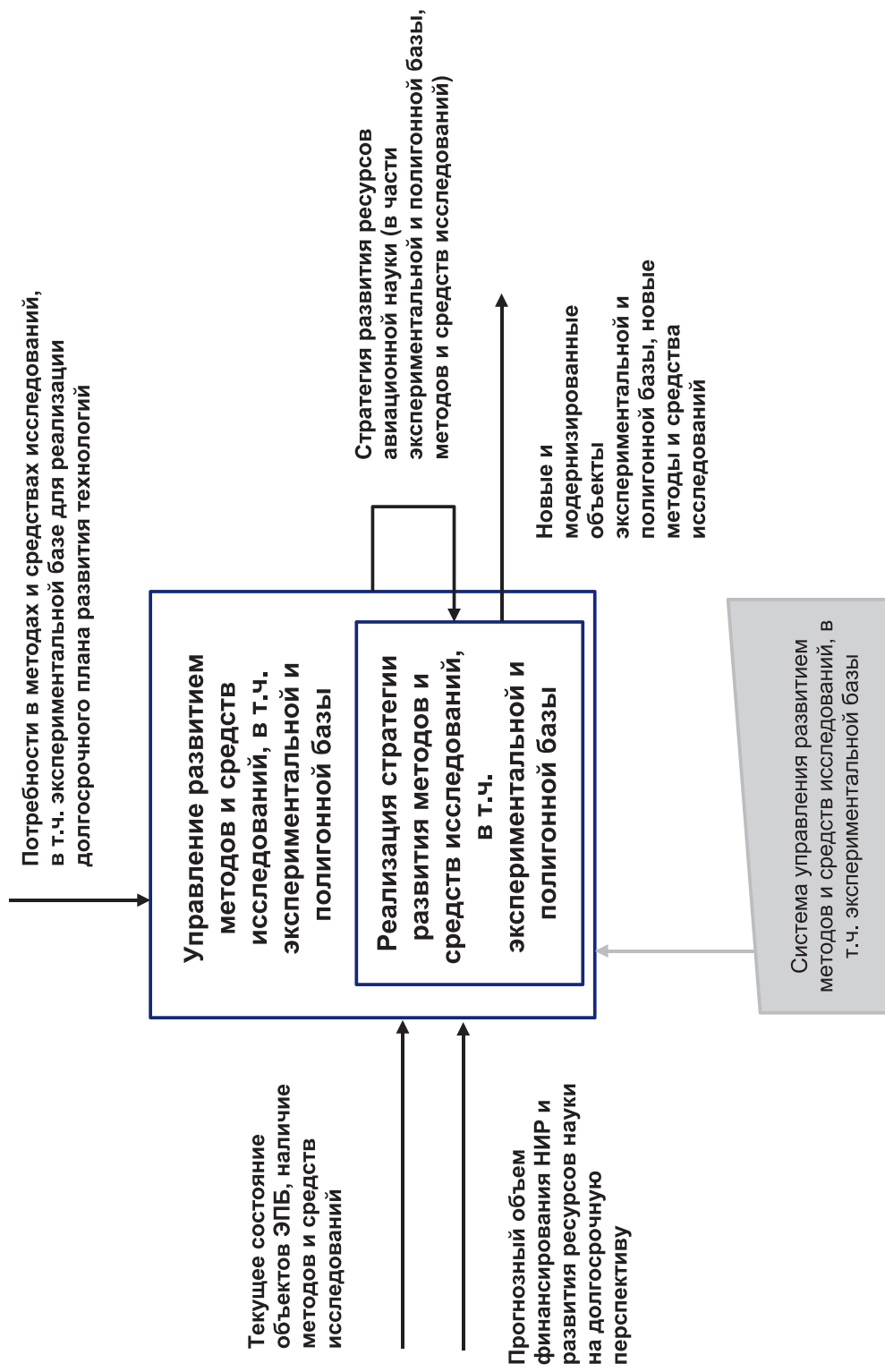


Рисунок 4.7 Подсистема управления ресурсами авиационной науки

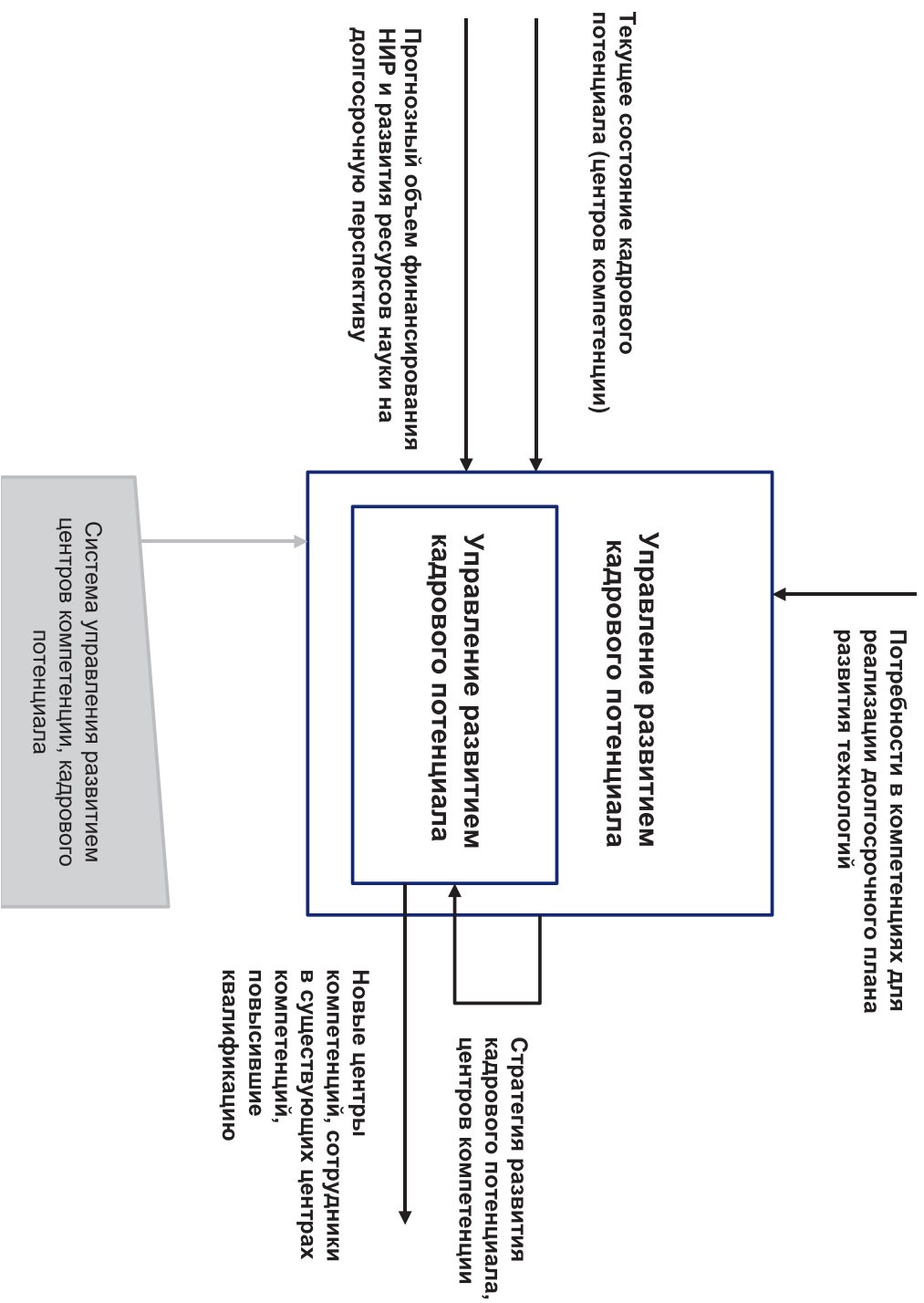


Рисунок 4.8 Подсистема управления ресурсами авиационной науки



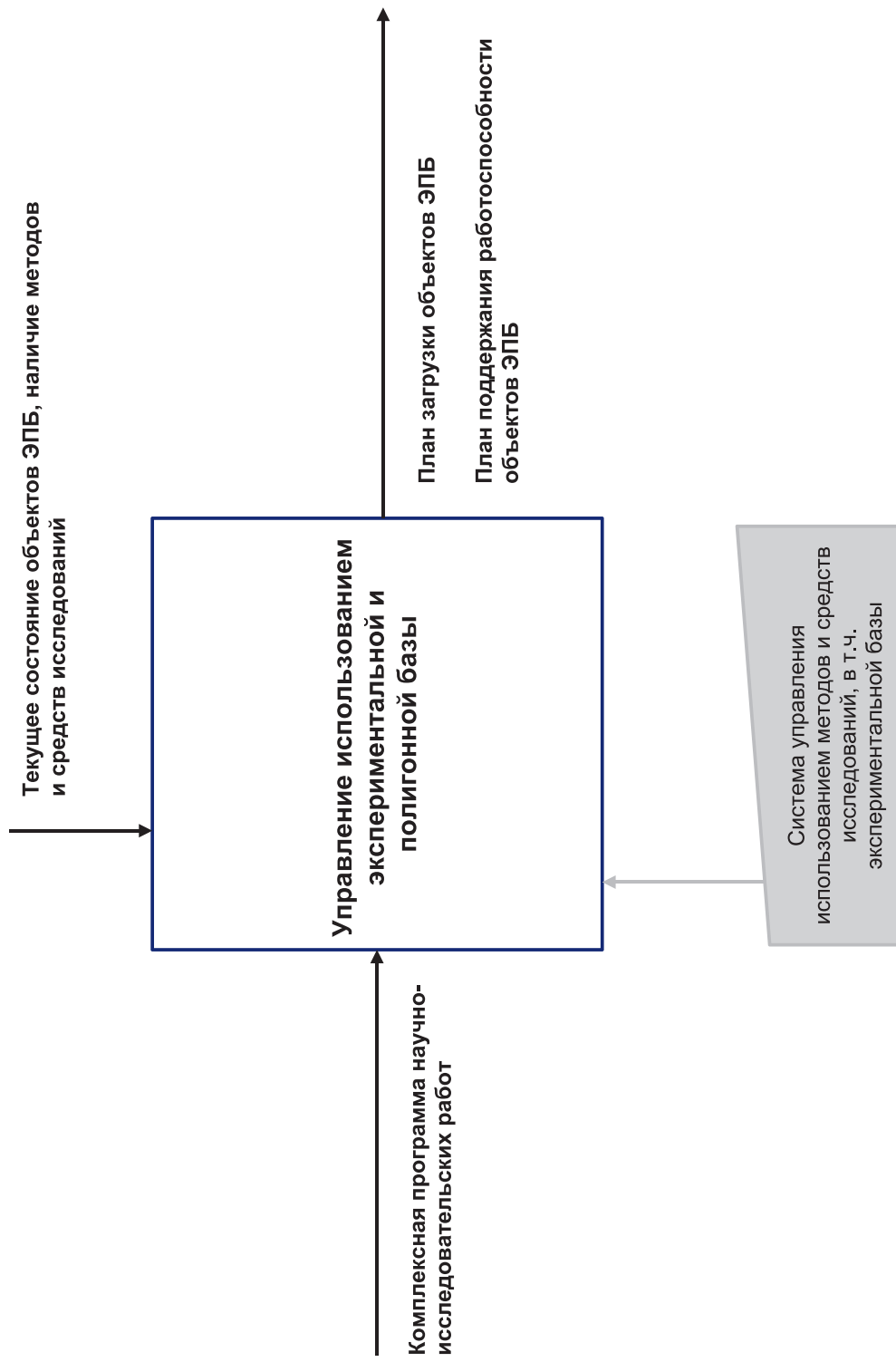
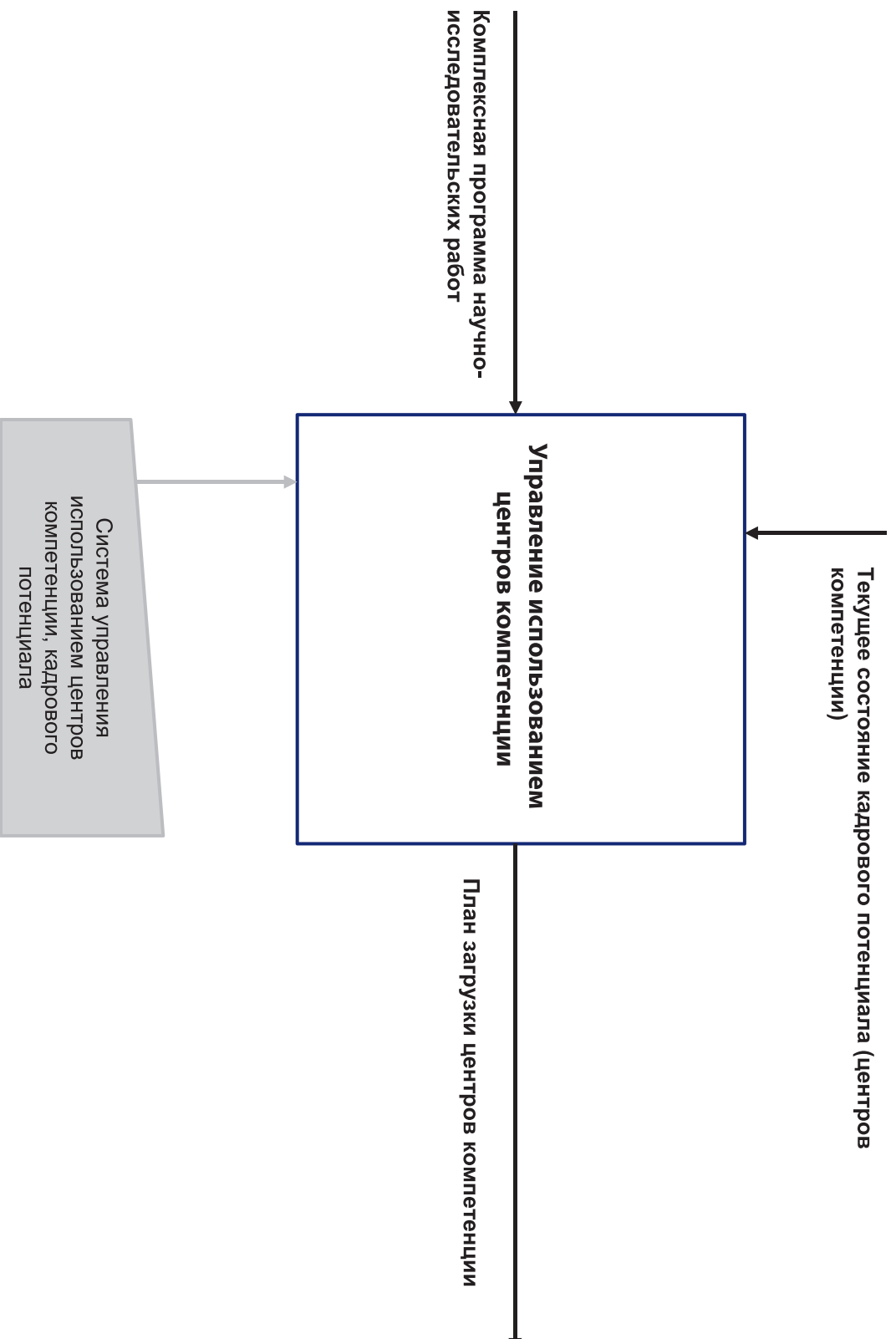


Рисунок 4.9 Подсистема управления ресурсами авиационной науки



**Рисунок 4.10 Подсистема управления ресурсами авиационной науки**

**Таблица 4.8 Входы и выходы процесса управления развитием экспериментальной и полигонной базы**

<b>Входы</b>	Текущее состояние объектов ЭПБ, наличие методов и средств исследований  Прогнозный объем финансирования НИР и развития ресурсов науки на долгосрочную перспективу  Потребности в методах и средствах исследований, в т.ч. в экспериментальной и полигонной базе для реализации Долгосрочного плана развития технологий
<b>Выходы</b>	Стратегия развития экспериментальной и полигонной базы, методов и средств исследований
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления развитием методов и средств исследований, в т.ч. экспериментальной базы

**Таблица 4.9 Входы и выходы процесса реализации стратегии развития экспериментальной и полигонной базы, методов и средств исследований**

<b>Входы</b>	Стратегия развития экспериментальной и полигонной базы, методов и средств исследований
<b>Выходы</b>	Новые и модернизированные объекты экспериментальной и полигонной базы, новые методы и средства исследований
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления развитием методов и средств исследований, в т.ч. экспериментальной базы

**Таблица 4.10 Входы и выходы процесса управления развитием кадрового потенциала**

<b>Входы</b>	Текущее состояние кадрового потенциала (центров компетенции)  Прогнозный объем финансирования НИР и развития ресурсов науки на долгосрочную перспективу  Потребности в компетенциях для реализации Долгосрочного плана развития технологий
<b>Выходы</b>	Стратегия развития кадрового потенциала, центров компетенции
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления развитием центров компетенции, кадрового потенциала

**Таблица 4.11 Входы и выходы процесса реализации стратегии развития кадрового потенциала, центров компетенции**

<b>Входы</b>	Стратегия развития кадрового потенциала, центров компетенции
<b>Выходы</b>	Новые центры компетенций, сотрудники в существующих центрах компетенций, повысившие квалификацию
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления развитием центров компетенции, кадрового потенциала

**Таблица 4.12 Процесс управления использованием экспериментальной и полигонной базы**

<b>Входы</b>	Текущее состояние объектов ЭПБ, наличие методов и средств исследований  Комплексная программа научно-исследовательских работ
<b>Выходы</b>	План загрузки объектов ЭПБ  План поддержания работоспособности объектов ЭПБ
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления использованием методов и средств исследований, в т.ч. экспериментальной базы

**Таблица 4.13 Процесс управления использованием кадрового потенциала**

<b>Входы</b>	Текущее состояние кадрового потенциала (центров компетенции)  Комплексная программа научно-исследовательских работ
<b>Выходы</b>	План загрузки центров компетенции
<b>Используемые элементы управленческого инструментария</b>	Система управления использованием центров компетенции, кадрового потенциала

## **Глава 5. Инструментарий управления научно-технологическим развитием**

Для практической реализации вышеописанной комплексной системы управления научно-технологическим развитием необходим разнообразный методический и модельный инструментарий

- прогнозирования эффективности новых технологий и технических концепций;
- оценки уровня достижения генеральных целей с помощью изделий с заданными (даже гипотетическими) характеристиками;
- формирования требований к ресурсам науки (экспериментальной базе, кадрам), исходя из возможных планов разработки определенных технологий и концепций;
- прогнозирования ресурсоемкости и длительности разработки технологий и технических концепций;
- формирования оптимального «портфеля» научно-исследовательских работ и проектов с учетом их ожидаемых «полезности», длительности и ресурсоемкости;
- принятия тактических решений в процессе реализации прикладных исследований и уточнения характеристик разрабатываемых технологий.

### **5.1 Комплекс ситуационного моделирования**

Современный этап создания научно-технологического задела (НТЗ) характеризуется ростом потребности в принятии комплексных решений по вопросам развития и совершенствования организационно-технических систем (ОТС) и образцов техники (элементов, составляющих техническую часть систем) в условиях существенных ограничений на выделяемые для этих нужд ресурсы и сокращения времени на процесс принятия требуемых решений. [32]

Как показано в разделе 3.2, формированию НТЗ свойственна выраженная иерархия, на разных уровнях которой принимаются решения, различающиеся как степенью проработки, так и степенью их влияния на эффективность сложных организационно-технических авиационных систем (СОТАС) в целом. Это очевидным образом следует из того, что знания исследователя о предмете (объекте) моделирования существенно уточняются по мере детализации его технического облика (от идеи, концепции, к конструктивному облику) [76].

Для того, чтобы принять обоснованное решение о целесообразности реализации той или иной концепции разрабатываемой системы (объекта) и дальнейшей проработки её технического облика в рамках выбранной концепции, требуется оценить состоятельность этого решения с точки зрения ожидаемой эффективности функционирования перспективной системы в текущих и прогнозируемых условиях, а также её влияние на эффективность функционирования системы более высокого уровня, в рамках которой данная система должна выполнять свои целевые задачи. Подобную оценку необходимо проводить на каждом этапе разработки системы с учетом изменения степени информированности исследователя и возможной корректировки условий функционирования разрабатываемой системы [18, 37].

Указанные выше особенности формирования НТЗ позволяют сформулировать принципиальное требование, предъявляемое к комплексам поддержки принятия решений (или комплексам ситуационного моделирования (КСМ), как в данном случае их можно называть): комплекс моделей, позволяющих оценивать эффективность всех возможных научно-технических разработок, должен объединять средства, обеспечивающие моделирование процессов функционирования рассматриваемой организационно-технической системы, начиная с уровня подсистем авиационного комплекса (АК) и отдельных элементов этих подсистем и заканчивая моделями динамического развития СОТАС и всей авиационной отрасли в целом. [75]

Иерархия уровней моделирования, обеспечивающих решение задач управления формированием НТЗ, продемонстрирована далее на рисунке 5.1. На нижнем уровне моделирования расположены модели процессов и явлений, на которых базируется следующий уровень – уровень моделирования прикладных технологий. Далее моделируется разработка исследуемых технологий до уровня технической концепции на базе узлов и агрегатов создаваемой авиационной техники (АТ), которые уровнем выше объединяются в подсистемы и объекты АТ (например - летательный аппарат, бортовое оборудование и оснащение). На следующем уровне расположены модели АК – объектов АТ, объединяющихся в функционально связанные системы, включающие также средства обеспечения и обслуживания (в т. ч. - специального назначения), предназначенные для решения целевых задач. Наконец, на верхнем уровне оценивается эффективность СОТАС в целом. Следует отметить, что часть задач, в первую очередь, решаемая на уровнях моделирования физических процессов и явлений, выполняется не только прикладной, но и фундаментальной наукой, а задачи моделирования продуктовых и производственных технологий должны выполняться научными коллективами совместно с разработчиками объектов авиационной техники. То есть процесс создания научно-технологического задела в авиации многосторонен и требует совместных действий прикладной, фундаментальной науки и конструкторских бюро, ориентированных на создание новой перспективной техники. [31]



**Рисунок 5.1 Иерархия уровней моделирования, обеспечивающая решение задач формирования НТЗ в авиастроении**

Создаваемый в рамках текущих работ ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» КСМ представляет собой демонстратор технологий и предназначен, в первую очередь, для оценки их реализуемости и направлений совершенствования с целью последующего создания КСМ для промышленной эксплуатации.

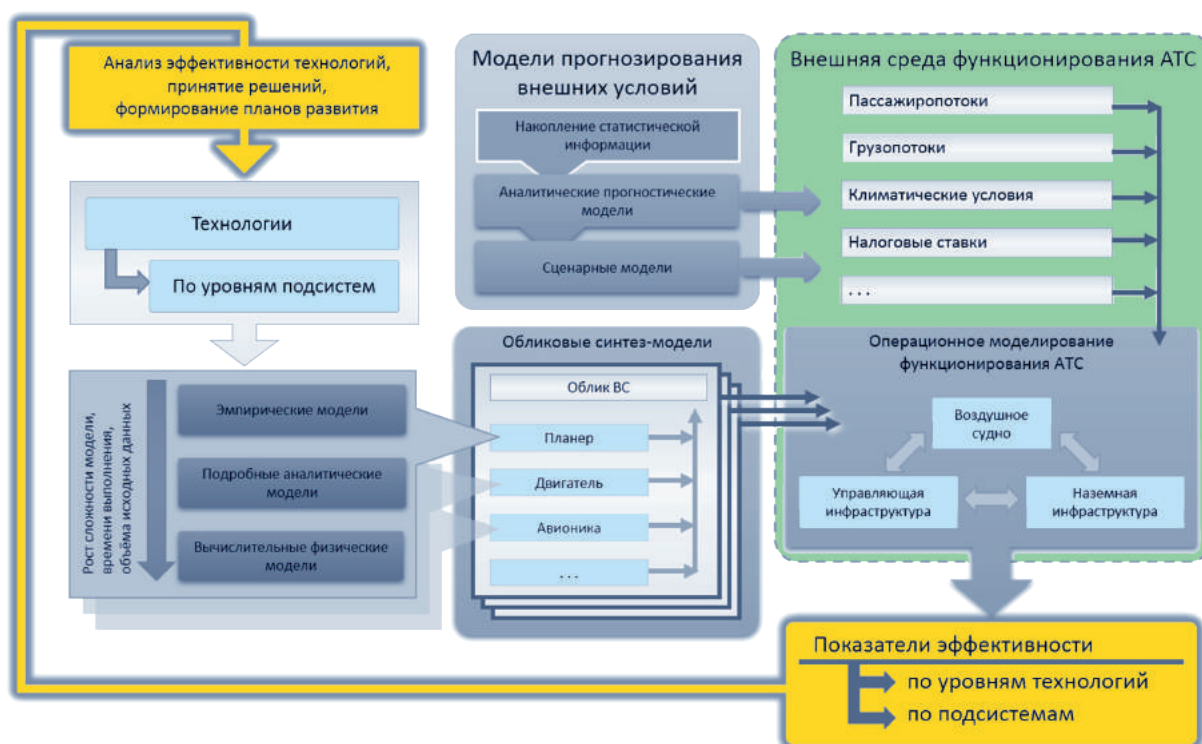
Учитывая это, предложена архитектура КСМ, которая обеспечивает решение первоочередного набора целевых задач, достаточного для демонстрации всех особенностей построения перспективного КСМ и его базовых технических решений. К таким особенностям следует отнести:

- кроссплатформенность модельно-методического аппарата;
- территориальную распределенность вычислительных блоков макета;
- использование архитектуры иерархии прямого доступа при построении комплекса;
- иерархическое построение модельного аппарата комплекса;
- применение классификатора-систематизатора модельного аппарата и расчетных задач и диспетчера вычислительных узлов и межмодельного информационного обмена;
- использование баз знаний для хранения информации и обеспечения работоспособности модельного аппарата КСМ.

Демонстратор КСМ разрабатывается как комплекс моделей, обеспечиваю-

щих оценку влияния элементов научно-методического задела на технический облик АК и его подсистем при выполнении поставленных целевых задач. При этом важно выделить некоторые общие черты, присущие исследованиям эффективности новых технологий и технических решений в авиационной сфере, если рассматривать эти исследования в качестве объекта автоматизации.

Эти общие черты непосредственно следуют из самой логики проведения подобных исследований, содержание которых иллюстрирует рисунок 5.2.



**Рисунок 5.2** Общая схема процесса исследования эффективности новых технологий и технических решений, составляющих НТЗ в авиационной сфере

Для определения достаточного состава моделей, обеспечивающих автоматизированную поддержку процесса исследований, представленного на рисунке, прежде всего необходимо очертить круг задач, которые должен решать разрабатываемый демонстратор на стадии опытной эксплуатации.

При этом для доказательства адекватности функционирования модельно-методического аппарата демонстратора КСМ в качестве подобных задач необходимо выбирать такие, которые допускают возможность решения иными способами. При этом решаемая задача должна быть достаточно масштабной, затрагивающей несколько аспектов проблемы оценки эффективности авиатранспортной системы.

Наиболее полно возможности КСМ могут быть проиллюстрированы на примере решения авиатранспортных задач, эффективность решения которых зависит от большого числа факторов:



- типажа и функциональных характеристик летательных аппаратов транспортной авиации;
- топологии существующей аэродромной сети и её характеристик;
- существующей схемы воздушного пространства и её пропускной возможности.

Применительно к АК транспортной авиации возникают самые разнообразные задачи, связанные с оценками эффективности применения новых технологий. Эти технологии могут быть направлены на развитие собственно летательных аппаратов, совершенствование их компоновочных, аэродинамических и динамических характеристик, на развитие аэродромной сети, например, за счет строительства новых аэродромов или совершенствования существующих, на модернизацию системы организации воздушного движения. Ниже, на рисунке 5.3, представлена условная классификация задач и типов моделей, которые предназначены для оценки влияния тех или иных технологических решений на эффективность выполнения авиатранспортных операций, осуществляемых для достижения решения задач гражданской авиации – от воздушных перевозок пассажиров и грузов до выполнения всех видов авиационных работ.



Рисунок 5.3 Классификация задач, решаемых с использованием макета-демонстратора программного комплекса ситуационного моделирования

Авиатранспортные системы ориентированы главным образом на обеспечение транспортных перевозок (как пассажирских, так и грузовых), задачи мониторинга, а также на выполнение специальных задач, в том числе в чрезвычайных ситуациях.

Задачи, решение которых возможно с использованием макета-демонстратора программного комплекса КСМ, предполагают оценку влияния НТЗ на эффективность выполнения авиатранспортных задач на разных уровнях иерархии (Рисунок 5.4):

- уровень технологий;
- уровень функционального облика конкретных объектов авиатранспортной системы;
- уровень функционального облика комплексов объектов авиатранспортной системы;
- уровень группировки авиационной техники;
- уровень авиационной отрасли.



**Рисунок 5.4 Уровни задач в рамках НТЗ**

Первый уровень характерен для оценки качественных характеристик технологий создания элементов объектов. Для авиационной техники это могут быть производственные технологии; для объектов инфраструктуры – технологии строительства, укладки ВПП и т.д., для системы управления, пред-

назначенной для системного функционирования объектов в АТС, это могут быть, к примеру, технологии обмена данными.

Второй уровень иерархии объединяет задачи, связанные с исследованиями свойств отдельных систем и влияния на них перспективных технологий. Отдельные элементы авиатранспортной системы могут оцениваться временными, стоимостными затратами, а также вероятностями выполнения целевых операций.

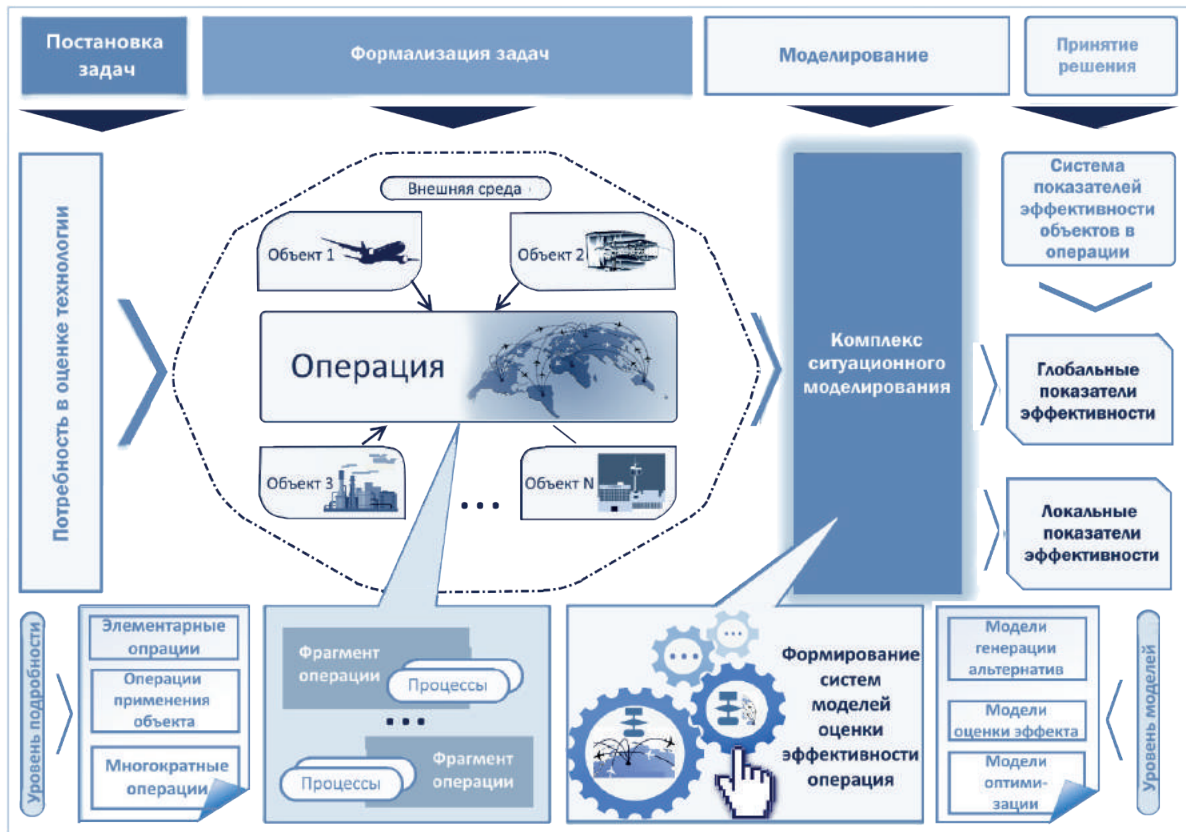
Третий уровень иерархии характерен для функционального облика объектов, рассматриваемых в качестве элементов сложной системы. Для авиационной техники это как правило облик воздушного судна, либо АК. Эффект от применения АК может оцениваться ожидаемыми временными характеристиками выполнения задач, пропускными способностями линий, потенциалом самого объекта по сравнению с существующими альтернативными решениями. Для инфраструктурных объектов характерным примером является оценка пропускной способности аэропорта.

Четвертый уровень иерархии – уровень группировки авиационной техники, где проявляется эффект от функционирования объектов в парке воздушных судов, функционирования маршрутной сети и авиалиний, общей системы управления воздушным движением.

Пятым (верхним) уровнем иерархии является уровень авиационной отрасли, где требуется получать результаты оценок эффективности и реализуемости выполнения программ развития и крупных проектов.

Важнейшим требованием, предъявляемым к КСМ, является возможность оценки эффективности применения технологий моделирования операций, направленных на решение поставленных задач на всех иерархических уровнях. Выбор конкретного показателя эффективности зависит от содержания конкретных операций. Так, в операциях доставки коммерческого груза, в качестве набора параметров, влияющих на показатель эффективности, могут использоваться характеристики груза (масса, число единиц), дальность доставки, время (или средняя скорость) доставки. В качестве внешнего параметра может выступать стоимость доставки.

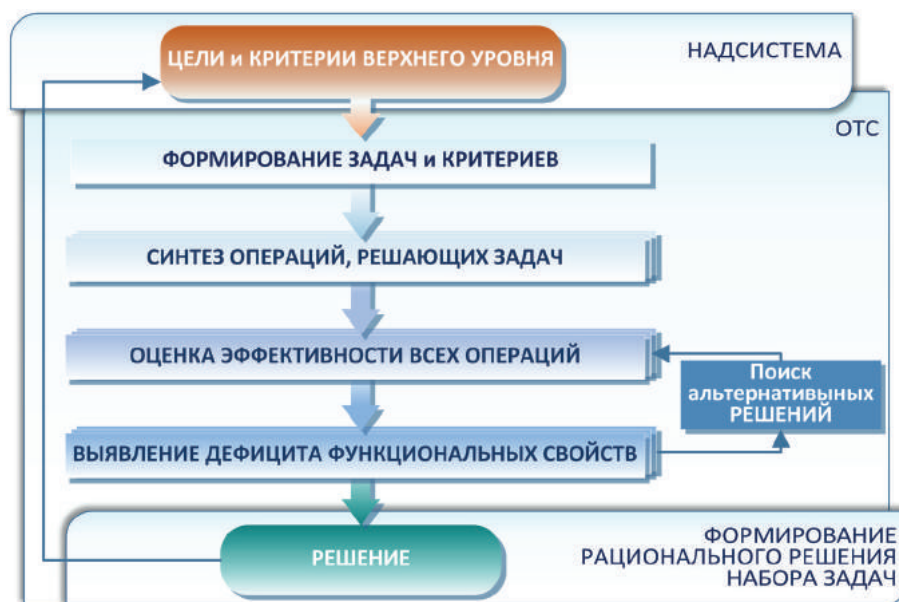
Ниже, на рисунке 5.5, представлена формальная схема процесса оценки эффективности использования технологических решений, реализованная в структуре макета-демонстратора программного КСМ.



**Рисунок 5.5** Схема процесса оценки эффективности использования технологических решений

Вычисление значений показателей эффективности в соответствии с изображенной на рисунке схемой достигается за счет реализации в рамках КСМ моделей операций, образующих иерархическую структуру. Ниже, на рисунке 5.6, представлена последовательность формирования этой иерархической структуры:

- сначала на уровне надсистемы определяются цели функционирования иерархически подчиненной системы и система критериев верхнего уровня, определяющая их достижение (или степень/уровень достижения);
- проводится декомпозиция сформулированных целей на задачи, обеспечивающие достижение указанных целей;
- для каждой из задач синтезируется комплекс операций, проводимых как последовательно, так и параллельно, и обеспечивающих решение поставленных задач.



**Рисунок 5.6** Формирование иерархической структуры операций и показателей их эффективности в составе макета-демонстратора КСМ

В самом общем виде операции, рассматриваемые в рамках сложных организационно-технических систем, какой является авиатранспортная система, можно интерпретировать как иерархию задач моделирования, включающую операционный, технический, технологический и физический уровни.

Применительно к комплексу ситуационного моделирования авиатранспортных задач верхние уровни рассматриваемых операций описываются с использованием моделей, объединенных в следующие группы:

- модели фрагментов операции (модели подсистем);
- модели этапов операции (элементарные операции);
- операции однократного применения объекта с законченным циклом действий, включающим цепочку элементарных операций;
- операции, в которых применяется группа объектов, решающая определенный набор целевых задач («одношаговая» операция);
- многократно повторяющиеся циклы одношаговых операций с изменением ряда условий проведения этих операций – так называемые «многошаговые» операции;
- прогностические модели, включая уровень программно-целевого планирования и прогнозирования развития надсистемы.

Модели фрагментов операций включают модели технических подсистем

авиатранспортной системы, а также модели взаимодействия этих подсистем друг с другом и с окружающей средой.

Элементарные операции представляют собой результат декомпозиции операции на мелкие законченные эпизоды, которые можно моделировать самостоятельно, сохраняя лишь существенные связи между моделями (чаще всего, в виде начальных условий). Элементарные операции (состоящие, в большинстве случаев, из моделей фрагментов) наиболее чувствительны к вариации конструктивных параметров и характеристик объекта; их модели, как и модели фрагментов, насыщены техническими подробностями, - поэтому этот слой представляет собой основной модельный аппарат инженерных задач проектирования.

Операции однократного полного цикла применения объекта являются интегрирующими, предназначены для изучения его параметров и характеристик в целом, и часто в качестве входов содержат показатели эффективности объекта в элементарных операциях.

На моделях этого уровня появляется возможность обоснованного введения скалярной целевой функции для замыкания задач анализа и согласования существенных связей и критериев элементарных операций.

Модели «одношаговых» операций предназначены для оценки эффективности выполнения целевых задач системой объектов с учетом их взаимодействия как между собой, так и с элементами надсистемы. Этот уровень моделирования позволяет оценить взаимовлияние не только подсистем объекта, но и групп объектов в целом, в том числе и разнородных.

«Многошаговые» операции представляют собой циклически повторяемый набор одношаговых операций, проходящих в эволюционно изменяемых во времени условиях. Модели этого уровня представляют собой набор одношаговых операций, проводимых в различных условиях, различающийся набором целевых задач и связанный изменяемой во времени группировкой объектов, составляющих исследуемую систему. Типичным примером многошаговой операции является процесс функционирования АТС в течение достаточно длительного отрезка времени. Так, например, функционирование авиатранспортной системы в течение года характеризуется изменением природно-климатических условий функционирования, изменением части целевых задач (зимой, например, уменьшается количество рейсов в курортные зоны РФ) и эволюционным изменением состава группировки технических объектов (отход ВС по ресурсу, включение в группировку новых ВС, ремонт ВПП на аэродромах).

К верхнему (на настоящий момент) уровню системы относятся прогностические модели, обеспечивающие проведение исследований в области

решения задач планирования развития уровня технической оснащённости авиатранспортной системы и отрасли в целом с учетом прогнозов развития науки, техники, технологий и меняющихся в соответствии с прогнозируемым направлением развития страны задач и условий функционирования.

Следует отметить, что приведенная классификация уровней иерархии модельного аппарата в составе КСМ может расширяться и изменяться. Например, в приведенной ниже на рисунке 5.7 схеме иерархии уровней моделирования, модели верхнего уровня разделены на решаемые в статической и динамической постановках, модели нижнего уровня – на модели подсистем объектов и самих объектов.

Предложенный вариант, реализованный в составе демонстратора КСМ, непосредственно связан с критериальным аппаратом, который определяется в соответствии с целями и задачами авиатранспортной системы.

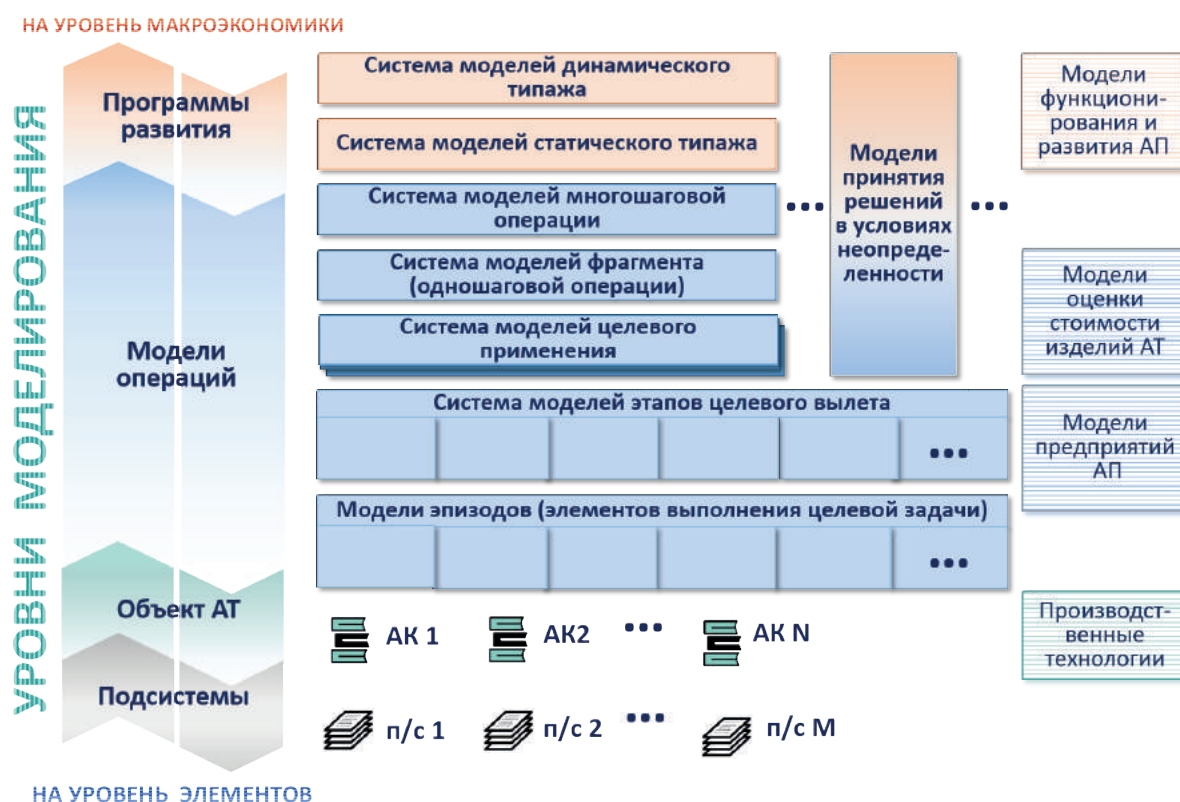


Рисунок 5.7 Схема иерархии уровней моделирования в составе КСМ

Поскольку функционирование авиатранспортной системы нельзя рассматривать в отрыве от её связей с прочими внешними системами и факторами, оказывающими различное по силе и значимости влияние как на отдельные технические средства, так и на общесистемные характеристики, разнообразие упомянутых выше моделей и показателей эффективности выполнения целевых операций расширяется за счёт возможностей применения различных способов учёта неконтролируемых факторов, например:

- гарантированный подход предполагает выбор технических и тактических решений исходя из необходимости получения наилучшего результата при наименее удачном стечении обстоятельств (наихудших значениях неконтролируемых факторов);
- аналитический стохастический подход, основу которого составляют методы теории вероятности, предполагает знание вероятностных характеристик случайных факторов, влияющих на эффективность решения авиатранспортной задачи;
- имитационный стохастический подход предполагает построение структурной имитационной модели исследуемой системы с последующим многократным применением метода статистических испытаний (Монте-Карло) при разыгрывании отдельных реализаций значений факторов и статистической обработкой полученных результатов.
- Таким образом к настоящему моменту:
  - сформулированы принципы построения и функционирования комплекса ситуационного моделирования организационно-технической авиационной системы, обеспечивающего оценку эффективности выполнения организационно-технической системой своих задач в целом, эффективности составляющих эту ОТС элементов и осуществляющего поддержку процесса формирования планов и программ создания НТЗ в рамках развития ОТС.
  - сформирована архитектура построения комплекса и его составляющих, предложена структура блока управления и диспетчеризации КСМ, включающая диспетчер вычислительного узла, подсистему межмодельного взаимодействия, службу мониторинга и управления доступом. В соответствии с предложенной структурой разработан состав, определены задачи и программно-алгоритмические принципы функционирования сервисной и интерфейсной частей диспетчера вычислительного узла.

Разработанный на указанной основе демонстратор технологии создания распределенной иерархически построенной системы моделирования показал работоспособность описанных подходов к построению системы моделей, что дает основание считать, что накопленный к настоящему времени методический, алгоритмический и программный задел в достаточной мере обеспечивает необходимую основу для создания комплекса ситуационного моделирования авиационных организационно-технических систем.

В результате при применении КСМ достигается высокая степень обоснованности принимаемых решений относительно приоритетных направлений развития сложной организационно-технической авиационной системы путем



организации двунаправленного итеративного процесса исследований, включающего процесс исследовательского прогнозирования и проектирования и процесс программно-целевого планирования в традиционном его понимании

Использование комплексных программно-аналитических систем поддержки принятия решений, основанных на изложенных принципах, в области внешнего проектирования позволит обеспечить обоснованность и оперативность принятия решений при формировании, корректировке и управлении реализацией планов создания научно-технического задела в авиастроении и, в конечном счете, развития технической оснащенности АТ.

## **5.2 Единая информационная система баз данных и знаний**

В настоящее время ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского» (Центр) проводит комплекс исследований, направленных на решение задач сбора, обработки, поиска, обобщения и анализа данных, в целях решения задач формирования научно-технического задела в авиастроении, а также в целях создания единой базы знаний технологий авиастроения для дальнейшей диверсификации разработанных технологий. Перечисленные задачи могут быть комплексно решены путем создания экспертной информационной системы (ЭИС) авиастроения. Данная система позволит обеспечить создание единой цифровой информационной платформы авиастроения путем реализации технологий автоматической обработки и формализации смыслового содержания нормативно-справочной, научно-технологической и проектной документации. Такой подход сможет обеспечить сопряжение различных сторонних информационных систем на уровне обмена документов, полученных из различных видов информационных источников, обработанных по единым стандартам семантического представления.

### **5.2.1 Формирование общих требований к автоматизации на базе основных направлений исследований в области авиастроения**

Для анализа данных деятельности по формированию основных направлений исследований в области авиастроения и оценке результативности предлагаемых работ был выбран План деятельности Центра [60], который включает в себя взаимоувязанный перечень долгосрочных целей, приоритетных научно-технических направлений и задач развития науки и технологий в авиастроении, а также необходимый для достижения целей перечень среднесрочных мероприятий научно-технического, организационного и нормативно-правового характера.

Согласно Плану деятельности, основной целью создания научно-технического задела (НТЗ) является получение научно-технических результатов, обеспечивающих:

- достижение приемлемого уровня эффективности обеспечения безопасности полетов;
- увеличение экономической и физической доступности услуг, оказываемых с применением авиационной техники российского производства;
- повышение качества работ и услуг, оказываемых с применением авиационной техники российского производства, и уровня конкурентоспособности авиационной техники российского производства;
- снижение вредного воздействия авиационной техники на окружающую среду.

План деятельности Центра предполагает, что создание технологий в целях формирования НТЗ в авиастроении осуществляется в рамках проблемно-ориентированных (ПрОП), технологических (ТП) и комплексных научно-технологических проектов (КНТП) в соответствии с фазами созревания технологий.

В ходе деятельности по созданию технологий в рамках формирования НТЗ на различную временную перспективу осуществляется формирование и/или корректировка основных (приоритетных) научно-технологических направлений исследований и задач развития науки и технологий в авиастроении, а также поиск, определение и уточнение состава и основных характеристик КНТП, а следовательно и артефактов, на которых следует сосредоточить усилия разработчиков НТЗ.

Важным элементом научно-технической деятельности является выявление новых и мониторинг существующих артефактов, значимых для авиастроения в целом, планируемых к разработке, разрабатываемых и используемых в авиастроении.

Предполагается определенная последовательность выявления новых и мониторинга существующих артефактов. Сбор сведений об артефактах, их характеристики (прогнозируемые и фактические); области, факты и результаты применения, в том числе в ходе эксплуатации объектов авиационной техники (АТ), осуществляется:

- из открытых источников;
- из представленных отраслевыми и независимыми научно-техническими центрами (далее – НТЦ), в том числе авиастроения, данных о запатентованных изобретениях и моделях, а также обзоров и прогнозов;
- из внутренних источников Центра – библиотеки результатов выполнения

ПрОП, ТП и КНТП; библиотек и архивов научно-технической деятельности (НТД) и результатов научно-технической деятельности (РНТД) Центра;

- из иных организаций, таких как Российская академия наук и отраслевые прикладные научно-исследовательских институты.

По результатам сбора осуществляется формирование подборок (коллекций) документов по указанным направлениям с детализацией подразделов «перспективы» и «положение дел». Для детализации подраздела «перспективы» осуществляются тематическая кластеризация подборок (коллекций) по активно обсуждаемым тематикам, оценка их перспективности и формирование приоритетных направлений создания НТЗ (научно-технологических направлений исследований в авиастроении), а также КНТП.

Проводится анализ коллекций научно-технических документов в различных информационных разрезах (анализируется динамика появления артефактов во времени, их распределение между организациями и регионами). Для детализации подраздела «положение дел» осуществляется разделение вновь поступающих документов/материалов на содержательно однородные группы с использованием тематической кластеризации и классификаторов/рубрикаторов. Осуществляется группировка, обобщение и генерализация сведений о них: фактических областях применения, характеристиках, фактах и результатах использования/применения, в том числе в ходе эксплуатации объектов авиационной техники.

Периодически осуществляется оценка результатов и результативности работ по созданию артефактов, по выполнению КНТП и работ на научно-технологических направлениях исследований и в отечественном авиастроении в целом. Важным отслеживаемым показателем является уровень готовности технологий (УГТ). По созданным документам проводится экспертиза и оценка результатов проведения работ на перспективных научно-технологических направлениях, а также мониторинг УГТ созданного научно-технического задела в области авиастроения. Достижение основных целей определяется путем оценки достижения предусмотренных планом индикаторов реализации приоритетных направлений создания научно-технического задела в области развития авиационной техники.

Рассмотрим основные общие требования к автоматизации деятельности по формированию основных направлений исследований в области авиастроения и оценке предлагаемых работ.

В рамках оценки научно-технического задела проводится экспертный анализ созданных в Центре РНТД с применением ЭИС в сравнении с общемировым уровнем. Результатом оценки является список технологий, методов,

моделей, материалов, технических решений и т.д. с указанием степени их соответствия мировому уровню. При этом каждому направлению должен быть также сопоставлен УГТ (когда это применимо), выделены основные носители и центры компетенций.

Оценка тематик работ должна проводиться экспертами с использованием ЭИС на основе сопоставления тематик работ с перечнем перспективных направлений исследований и имеющегося научно-технологического задела. При оценке работ должен учитываться научно-технический, кадровый, производственный, инфраструктурный и логистический потенциал, а также коммуникационные возможности на территории РФ и международные связи. При этом предлагаемые работы не должны дублировать друг друга или ранее выполненные работы. Для этого обязательна проверка на наличие текстовых заимствований в текстовых описаниях результатов интеллектуальной деятельности. Кроме того, обязателен учет возможных рисков, связанных с выполнением предлагаемых работ.

Автоматизация деятельности Центра подразумевает создание и использование ЭИС, требования к которой можно условно разделить на требования со стороны основных автоматизируемых процессов и требования со стороны предметной области. Эти требования относятся к базам данных, базам знаний и библиотеке НТД и РНТД, к архитектурно-проектным решениям, структуре и составу ЭИС. Рассмотрим их подробнее.

### **5.2.2 Требования со стороны основных автоматизируемых процессов**

Из изложенного следует вывод, что ЭИС фактически должна обеспечивать автоматизацию процессов оценки научно-технического задела, доказательно формировать основные направления перспективных исследований и оценивать предлагаемые работы. Для каждого из этих процессов описаны свои набор функций, инструментарий и методическое обеспечение.

- Исходя из вербальной модели деятельности Центра, автоматизация существующей деятельности должна обеспечить выполнение следующих общих требований, обусловленных составом и спецификой процессов, реализуемых в предметной области, к которым относятся:
- информационная и инструментальная поддержка пользователей и их взаимодействия, а также процедуры экспертизы результатов выполненных работ;
- доступ к сведениям, относящимся к применяемым материалам, технологиям и комплектующим (деталям, узлам, агрегатам, средствам авионики и т.п.), эффектам и подходам, техническим знаниям (артефактам);
- обеспечение следующих видов поддержки:

- сбора сведений об артефактах из открытых источников, от отраслевых и независимых НТЦ;
- формирования, актуализации и обработки коллекций как в целом, так и с ограничениями, задаваемыми пользователями;
- формирования из коллекций документов содержательно однородных групп с использованием тематической кластеризации и классификаторов/рубрикаторов;
- кластеризации коллекций по составу направлений исследований и артефактов, а также возможность оценки результативности выполнения работ, в том числе с использованием методов анализа публикационной активности и интенсивности информационных потоков по направлениям;
- определения принадлежности документов/материалов конкретным подборкам и содержательно однородным группам (поиск документов, похожих на заданный);
- автоматического извлечения целевой информации из научно-технических документов/материалов;
- задания/уточнения/отмены связности документов/материалов, относящихся к одной тематике, к ее подборке/кластеру, содержательно однородной группе;
- возможности группировки (кластеризации) документов/материалов по пользовательским настраиваемым фильтрам, включая поиск тематически близких документов и материалов;
- возможности построения автореферата документа/материала, содержащего тематически значимые фрагменты его текста, а также его поискового образа;
- возможности семантического поиска документов и материалов в библиотеках с использованием классификаторов/рубрикаторов;
- ведения библиотек документов, как структурированных (паспортов технологий и др.), так и не структурированных, а также описаний математических моделей.

### **5.2.3 Требования к базам данных, базам знаний и библиотеке НТД и РНТД**

Требования к базам данных, базам знаний и библиотеке НТД и РНТД обоснованы спецификой предметной области и основываются на требованиях к изложенным автоматизируемым процессам.

Требования к базе данных включают в себя:

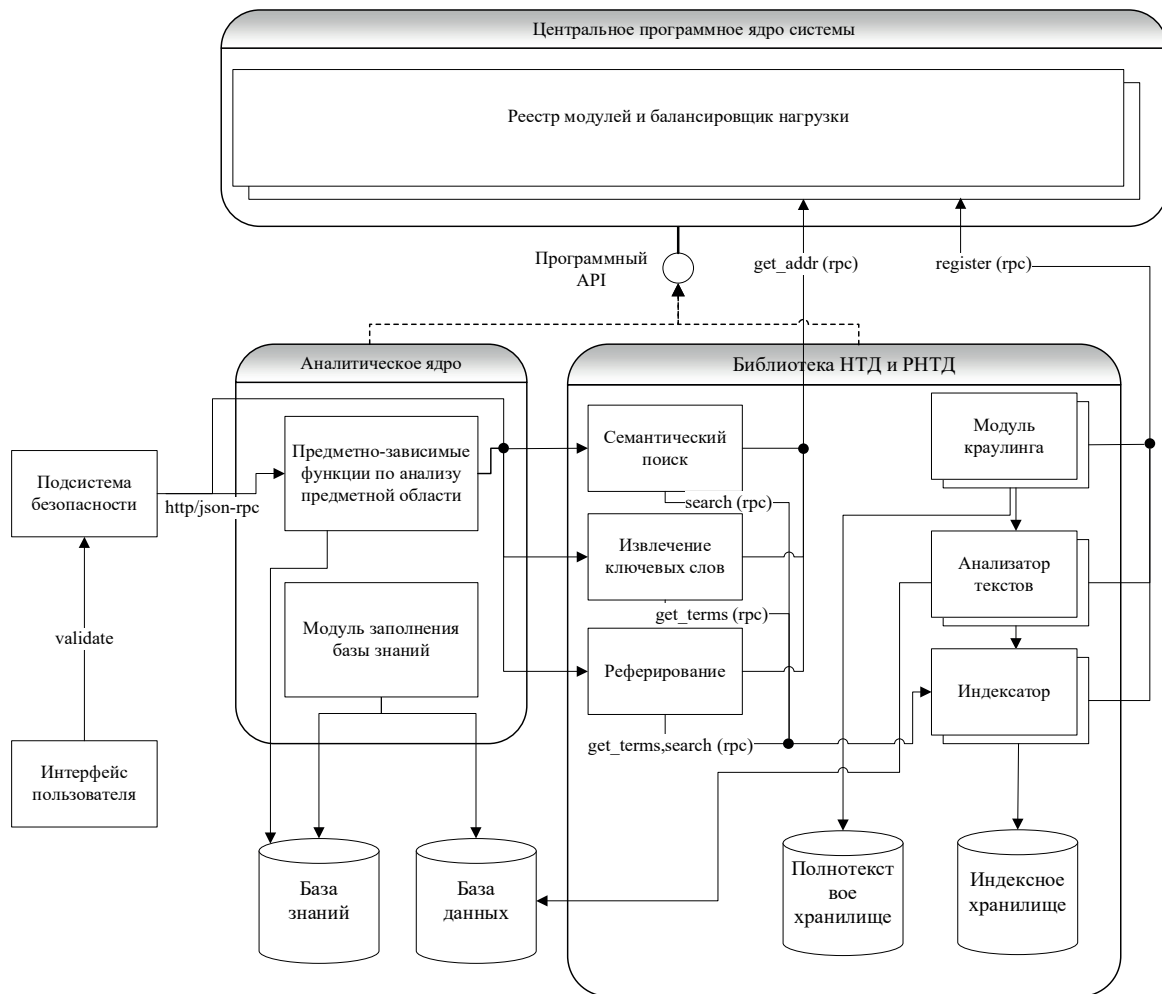
- содержание как общих данных о предметной области «авиационные технологии», так и промежуточных данных для последующего анализа и сохранения результатов в базе знаний;
- хранение служебной информации (например о пользователях ЭИС) и информации об авторах, организациях, кодах классификации и другой метаинформации о документах;
- обеспечение высокой эффективности вычислительного процесса в условиях больших объемов данных.
- К базе знаний предъявляются следующие требования:
  - база знаний должна являться моделью предметной области «авиационные технологии» и представлять собой сеть объектов (персоны, организации, патенты, технологии и т.д.), связанных отношениями различных типов с возможностью вывода на сети;
  - объекты и разделы базы знаний должны формироваться в результате работы пользователей с ЭИС на основе промежуточной информации, размещенной в базе данных;
  - связи в базе знаний должны устанавливаться автоматически в случае их явных указаний в базе данных, а также на основе вывода на сети в результате пополнения базы.
- Библиотеки НТД и РНТД должны:
  - являться полнотекстовым хранилищем документов совместно с их индексами;
  - обеспечивать хранение документов по проектам авиационной транспортной системы, данных по научно-техническому заданию в авиастроении, по перспективным технологиям авиастроения, используемым в мире, а также хранение нормативных документов;
  - выполнять поиск и анализ текстовой информации, в том числе обеспечивать реализацию следующих функций:
    - семантического поиска по запросу пользователя с поддержкой фасетного поиска по метаданным (как текстовым, так и нетекстовым) в режимах семантического, концептного поиска, а также поиска по отдельным ключевым словам;
    - эксплоративного поиска документов (тематически похожих на заданный эталонный документ);

- быстрого ознакомления с темой документов с помощью автоматически генерируемых по тексту ключевых словосочетаний, а также с содержанием документов с помощью автоматически генерируемых резюме текстов;
- формирования, сопоставления и тематического анализа пользовательских коллекций документов (тематическая кластеризация, построение ключевых тематических словосочетаний и т.п.);
- поиска смысловых текстовых заимствований;
- тематического анализа коллекций документов;
- поддерживать следующие форматы электронных документов: \*.txt, \*.doc, \*.docx, \*.html, \*.rtf, \*.ps, \*.pdf, \*.odt;
- иметь возможность структурирования документов по следующим коллекциям:
  - российские научные журналы;
  - авторефераты диссертаций;
  - российские патенты на полезные модели, изобретения и промышленные образцы;
  - зарубежные патенты USPTO и WIPO;
  - коллекция внутренних документов Центра.

#### **5.2.4 Требования к архитектуре экспертной информационной системы**

Архитектура ЭИС, показанная на рис. 5.8, представляет собой архитектуру распределённой информационной системы и включает следующие основные компоненты:

- центральное программное ядро системы;
- аналитическое ядро;
- база знаний;
- база данных;
- библиотека НТД и РНТД;
- подсистема безопасности (ПИБ);
- подсистема интерфейса пользователя.



**Рисунок 5.8** Архитектура экспертной информационной системы

### 5.2.5 Роль ЭИС в оценке перспективности направлений развития авиационного строительства и оценки НИОКР

Предполагается использование ЭИС для информационного обеспечения поддержки принятия решений, включая поддержку деятельности экспертов и аналитиков, например при экспертизе тематик или результатов НИОКР в рамках реализации мероприятий Государственной программы Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013 – 2025 годы».

Таким образом, ЭИС должна предусматривать следующие варианты использования, но не ограничиваться ими:

- проведение оценки уровня готовности создаваемых технологий (technology readiness level) с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов;



- выполнение оценки уровня готовности производства (manufacturing readiness level) с использованием функции полнотекстового поиска ЭИС, построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов и логического вывода по базе знаний;
- выявление вариантов использования технологий с использованием методов извлечения информации из полных текстов научно-технических документов (в первую очередь патентов, как документов, содержащих описания вариантов применения технологий), которые будут реализованы в ЭИС, построения ключевой лексики и резюме полнотекстовых научно-технических документов;
- проведение оценки соответствия направлениям исследований и тематикам ОКР, ведущимся за рубежом, с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе базам ведомства по патентам и товарным знакам США (USPTO) и всемирной организации интеллектуальной собственности;
- осуществление оценки наличия задела, патентов и научных публикаций, тематически близких к теме НИОКР, у коллектива исполнителей НИР или ОКР с использованием функции поиска похожих документов;
- определение соответствия тематики НИР или ОКР перспективным направлениям с использованием функции поиска тематически похожих документов;
- установление соответствия полученных результатов, представленных в отчете, декларируемой тематике НИОКР с использованием методов оценки тематического сходства полнотекстовых документов;
- выявление похожих или дублирующих НИОКР с использованием функции поиска нечетких дубликатов и текстовых заимствований в базах НИР и ОКР;
- поиск похожих научно-технических решений с использованием функции поиска тематически похожих документов по базам научно-технических решений;
- проведение ранжирования центров компетенций авиационной науки согласно техническому заданию на НИР или ОКР;
- выполнение оценки динамики публикационной активности научного сообщества в рамках заданной тематики тематической области с исполь-

зованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе построения диаграммы распределения научных публикаций и авторефератов диссертаций по годам;

- осуществление оценки уровня освоенности направления патентообладателями с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе построения диаграммы распределения патентов по правообладателям;
- проведение оценки актуальности результатов НИР или ОКР с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС по коллекциям патентов и заявок на патенты с целью выявления соотношения патентных заявок к действующим патентам, содержательно и тематически похожих на полученные результаты;
- выполнение оценки при развитии тематики, соотношения количества промышленных образцов и программ для ЭВМ и количества изобретений и полезных моделей с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе построения диаграммы распределения патентов по их видам;
- выявление интереса к направлению со стороны держателей патентов в России и за рубежом с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе построения диаграммы кумулятивной патентной массы по анализируемому направлению, при этом оценивается прирост кумулятивной патентной массы по анализируемому направлению развития авиастроения;
- выявление интереса к направлению со стороны СМИ с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых публикаций профильных СМИ, в том числе построения диаграммы распределения публикаций СМИ по годам;
- прогнозирование оценка ожидаемого уровня конкуренции в РФ со стороны зарубежных компаний с использованием функций полнотекстового поиска ЭИС и построения агрегированной статистики по коллекциям полнотекстовых научно-технических документов, в том числе построения диаграммы распределения патентов по правообладателям и диаграммы государственной принадлежности патентообладателей с вычислением доли зарубежных промышленных компаний среди патентообладателей;

- проведение оценки наукометрических показателей исполнителей коллектива с использованием функций полнотекстового поиска и данных наукометрических баз;
- выявление терминологии, используемой в научно-технических документах, для обозначения ключевых элементов создаваемых технологий с использованием методов извлечения информации из полных текстов, построения ключевой лексики научно-технических документов и их коллекций, построения резюме полнотекстовых документов;
- выявление технологий, созданных в рамках направления, с использованием методов извлечения информации из полных текстов патентов (как научно-технических документов, содержащих описание технологий и их применения) и логического вывода по базе знаний ЭИС;
- выявление вариантов использования технологий, созданных в рамках направления, в авиастроении с использованием методов извлечения информации из полных текстов патентов (как научно-технических документов, содержащих описание технологий и их применения), построения ключевой лексики патентов и их коллекций, построения резюме.

В зависимости от конкретных задач, связанных с оценкой перспективности направлений развития авиастроения или оценкой НИР и ОКР, эксперты и аналитики могут применять различные подмножества перечисленных выше (или других) вариантов использования ЭИС.



**Досборка планера военно-транспортного самолета Ил-112В в зале ресурсных испытаний**



**Испытание упругоподобной модели самолета на флаттер в аэродинамической трубе Т-104**



**Отработка приводнения самолета-амфибии в гидроканале ЦАГИ**



**Отработка систем управления самолета МС-21 на стенде ПС-МС**



**Проведение испытаний в условиях обледенения**



**Испытание модели самолета на свободный  
штопор в вертикальной аэродинамической трубе**



**Демонстратор ТВВД с редукторным приводом толкающего биротативного винтовентилятора на базе существующего газогенератора**

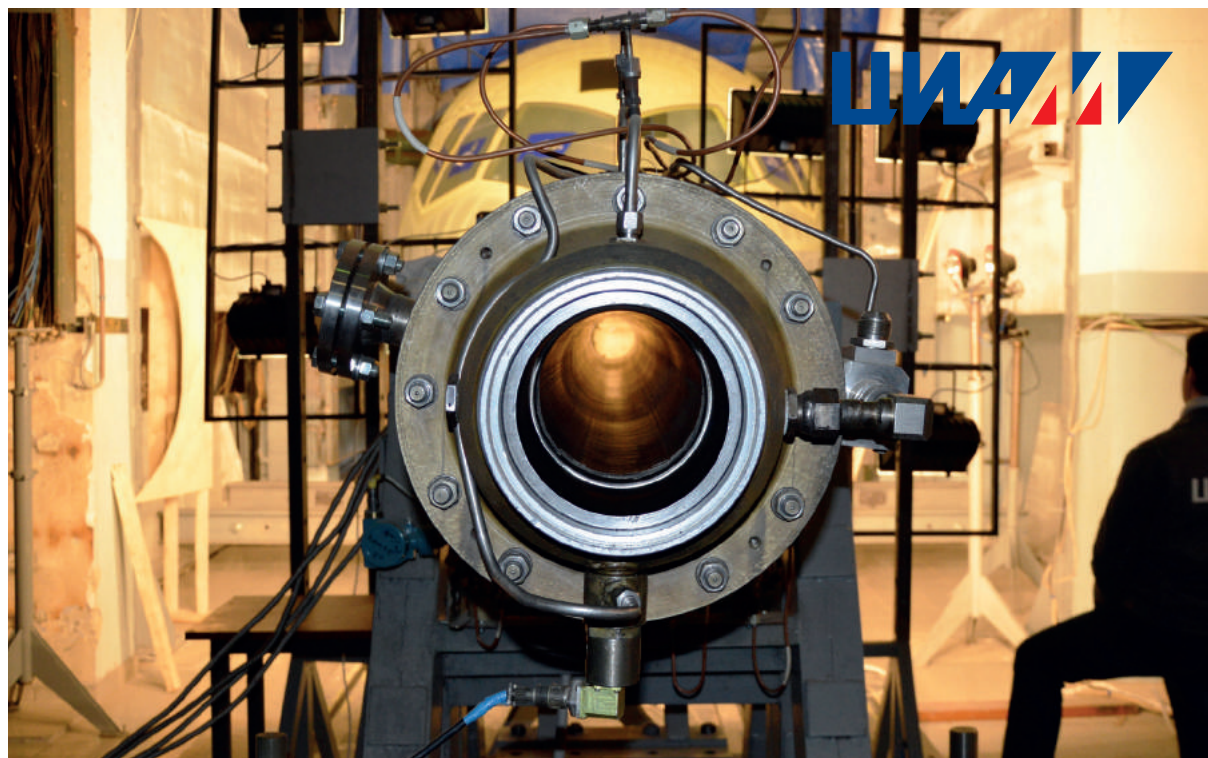


**Компрессор высокого давления**





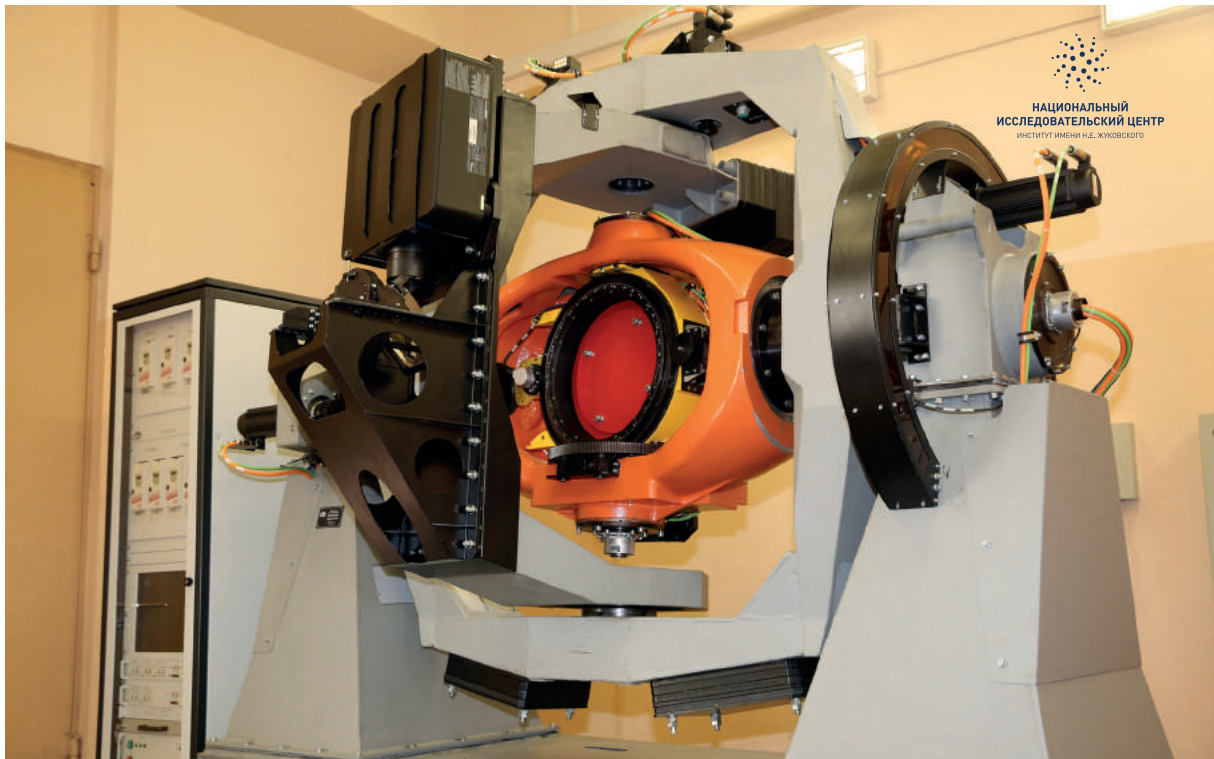
**Стенд для исследования аэродинамических и акустических характеристик моделей перспективных биротативных вентиляторов**



**Стенд для испытаний элементов авиационной техники на динамическую прочность при столкновении (ударе) с посторонними предметами**



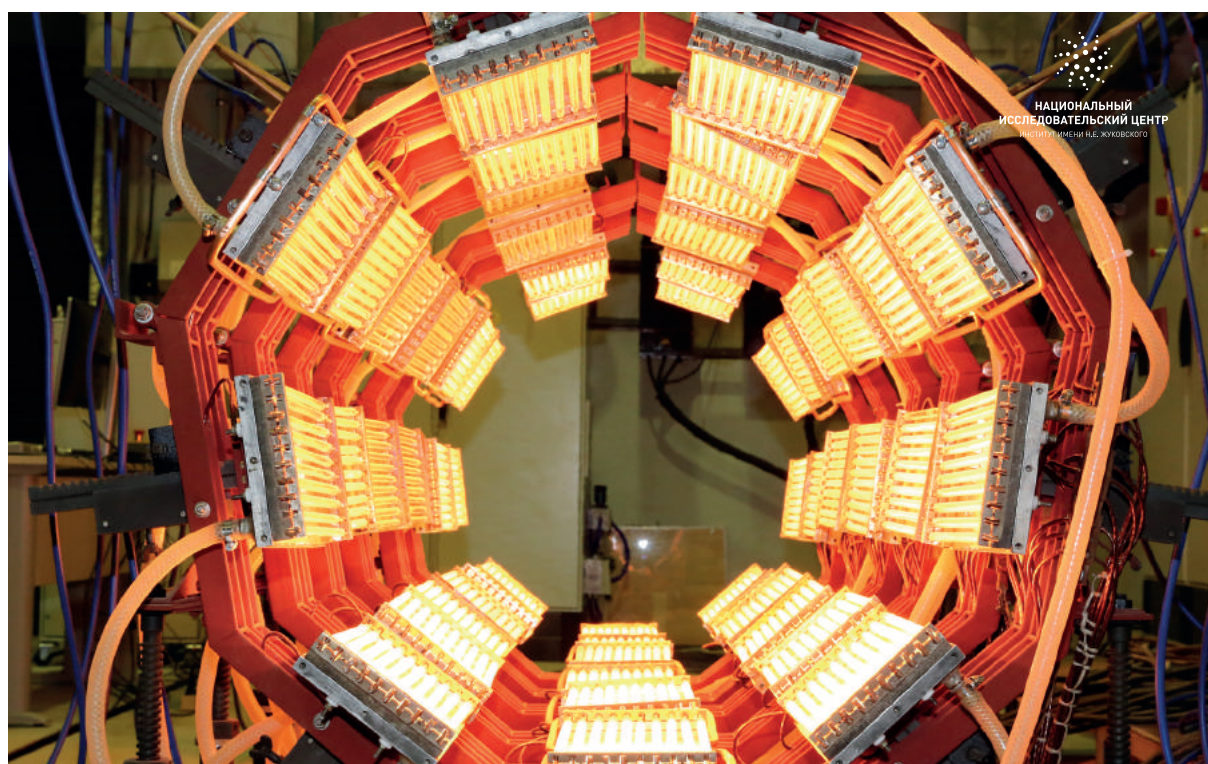
**Стеклянная кабина**



**Динамический стенд для комплекса  
полунатурного моделирования**



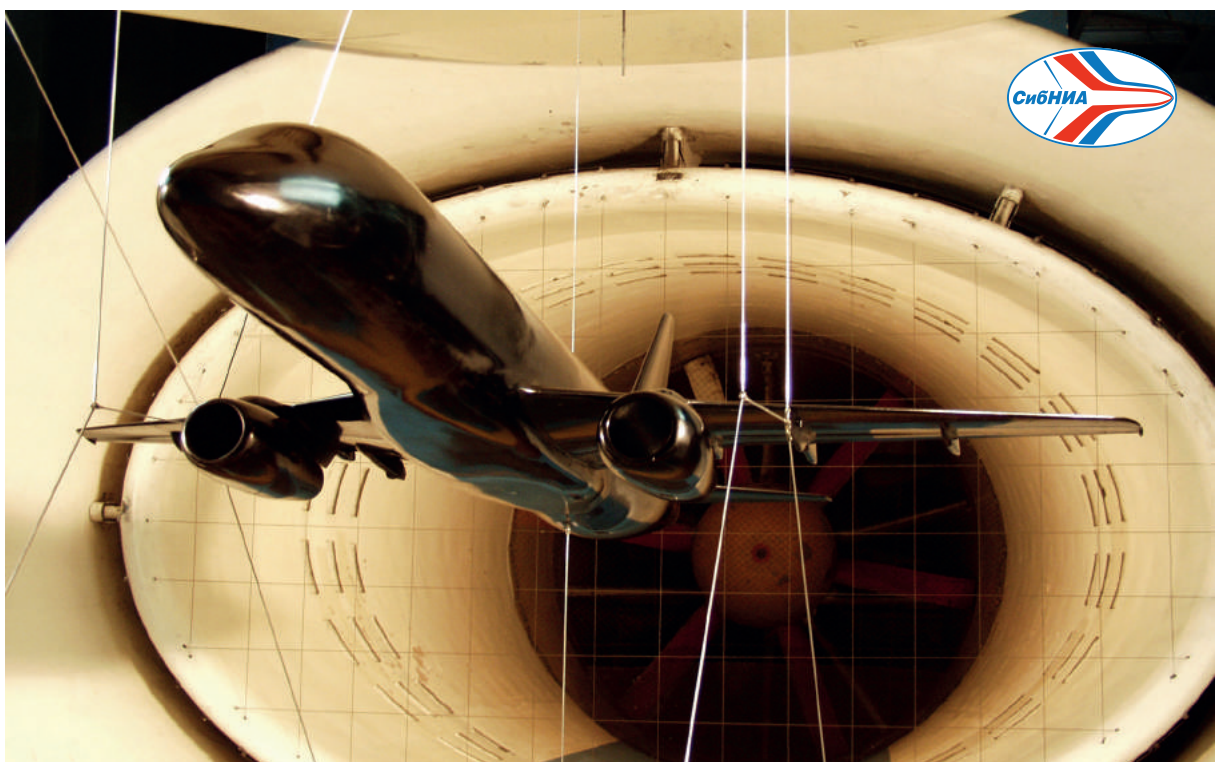
**Прототипирование кабины экипажа**



**Стенд для испытаний на внешние воздействия**



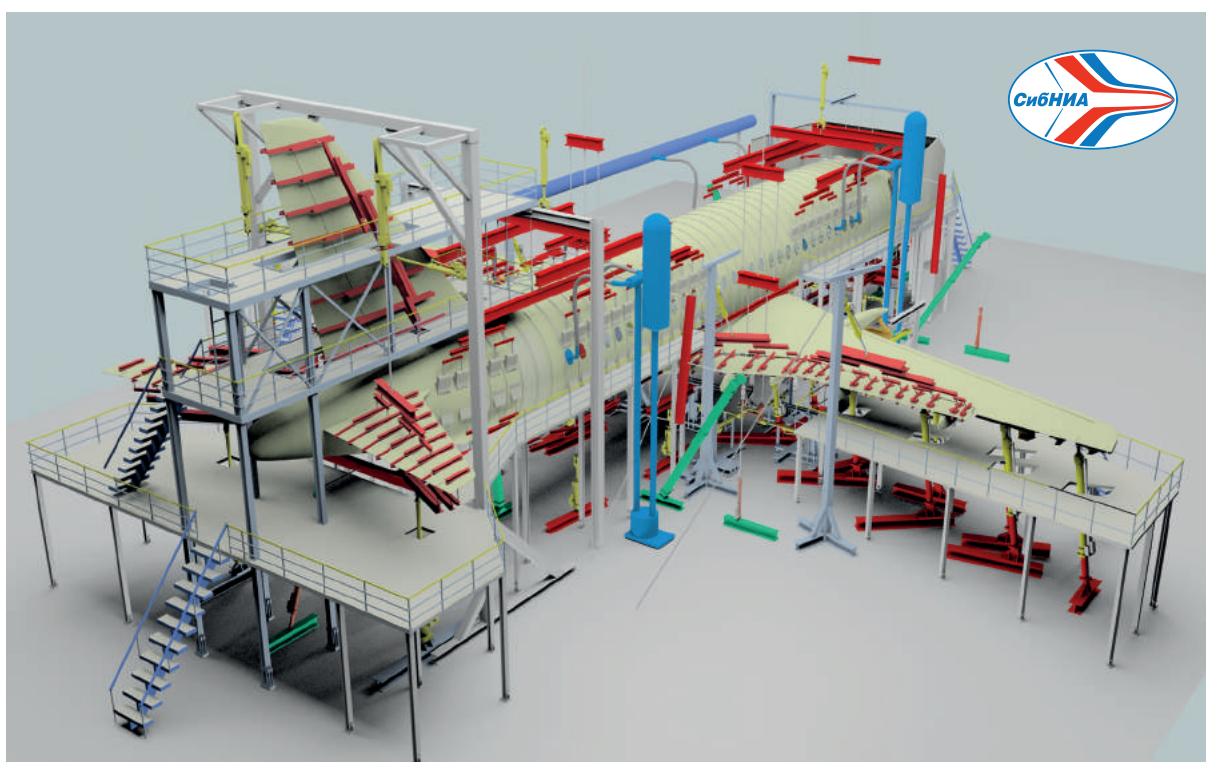
**Стенд отработки бортового ПО**



**Испытания модели самолета в аэродинамической трубе СиБНИА**



**Испытания на усталостную прочность маневренного самолета Су**



**Испытания на усталостную прочность гражданского самолета**



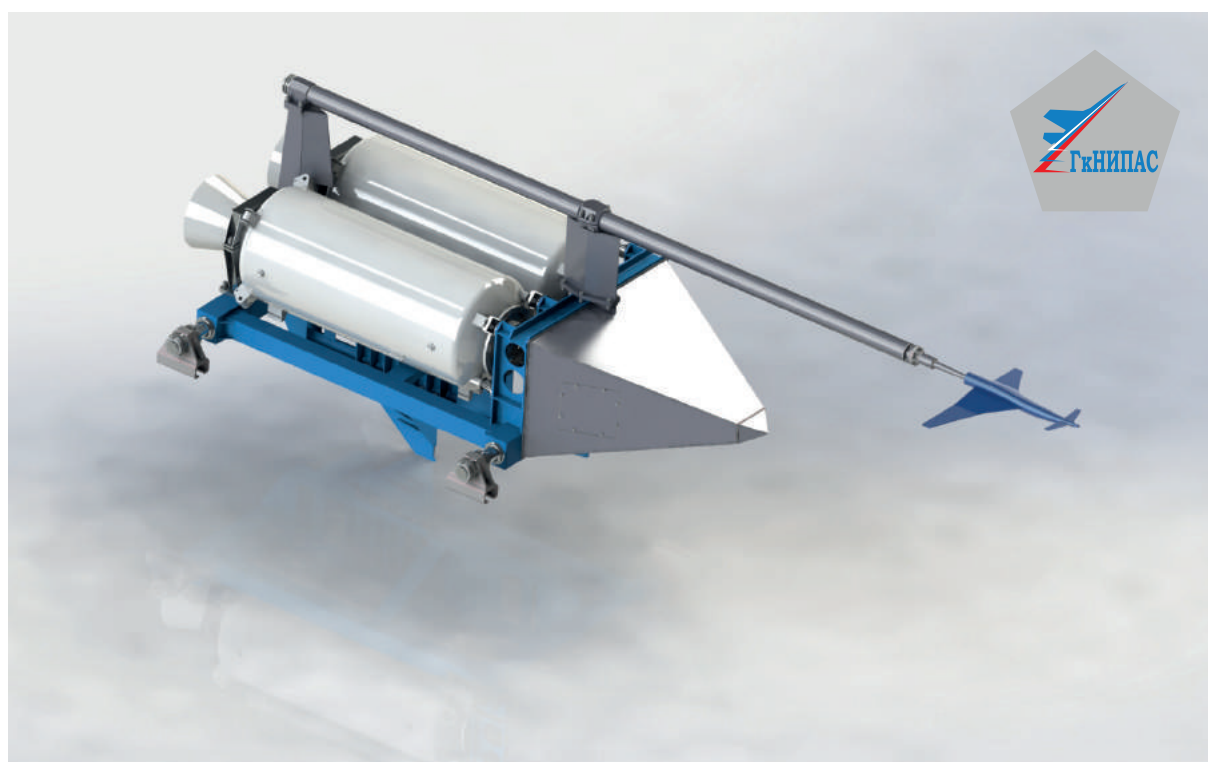
**Летные испытания штурмовика Ил-2 времен Великой Отечественной войны, восстановленного в СибНИА**



**Модернизация и ремоторизация самолетов Ан-2 в СибНИА**



**Испытательный трек ГкНИПАС**



**Оборудование для трековых испытаний в ГкНИПАС**



**Испытания систем катапультирования**



## **Глава 6. Применение новых принципов управления научно-технологическим развитием в авиастроении: примеры и результаты**

В этом разделе приведены некоторые примеры практического применения создаваемой комплексной системы управления научно-технологическим развитием авиастроения, первые содержательные результаты ее функционирования, имеющие значение как для научных организаций, так и для «потребителей» их продукции, НТЗ – организаций промышленности.

### **6.1 Долгосрочный прогноз научно-технологического развития авиастроения**

В 2017-2018 гг. Центр разработал прогноз научно-технологического развития авиастроения на период до 2035 г. В соответствии с методологией прогнозирования и стратегического планирования развития науки и технологий в авиастроении, описанной в главе 3 получены следующие основные научные результаты и практические рекомендации.

1. Обоснованы целевые значения показателей уровня развития технологий в авиастроении, в т.ч.

1.1. Экспертным путем на основе национальных приоритетов в области авиационной деятельности с учетом опыта развитых стран были определены целевые значения интегральных показателей

- повышения экономической доступности услуг, оказываемых с помощью авиационной техники российского производства (далее – авиатранспортных услуг);
- повышения качества авиатранспортных услуг;
- повышения безопасности полетов;
- снижения вредного воздействия авиации на окружающую среду;
- повышения конкурентоспособности продукции российского авиастроения.

(состав генеральных целей соответствует действующей редакции Плана деятельности Центра [60]).

1.2. Разработаны математические модели и методы обоснования требований к характеристикам перспективных изделий авиационной техники, в т.ч.:

- модель зависимости конкурентоспособности и объемов продаж магистральных воздушных судов от их технико-экономических характеристик,

улучшенных относительно современного парка магистральных самолетов;

- модель оценки спроса и рентабельности разработки и производства в Российской Федерации магистральных самолетов с гибридной силовой установкой, если ее использование (для снижения шума и эмиссии в зоне аэропорта) станет обязательным для допуска на международные авиалинии;
- методы обоснования требований к характеристикам региональных воздушных судов (в т.ч.: себестоимости кресло-километра, пассажировместимости, крейсерской скорости, взлетно-посадочным характеристикам) для выполнения прямых межрегиональных рейсов и ежедневных деловых поездок;
- метод определения требований к взлетно-посадочным характеристикам, крейсерской скорости и себестоимости кресло-километра воздушных судов местных воздушных линий в зависимости от стоимости аэродромной инфраструктуры, плотности и подвижности населения, средней дальности поездок;
- метод определения требований к себестоимости тонно-километра, грузоподъемности, взлетно-посадочным характеристикам и крейсерской скорости воздушных судов, предназначенных для организации грузовых перевозок в малонаселенных и труднодоступных регионах;
- принципы обоснования требований к характеристикам воздушных судов для выполнения авиационных работ, в т.ч. пожаротушения и авиационно-химических работ.

1.3. На базе показателей достижения генеральных целей, путем математического моделирования для каждого сегмента рынков авиационных работ и услуг получены обратным счетом целевые характеристики летательных аппаратов, при использовании которых в авиатранспортной системе и народном хозяйстве будут достигнуты заявленные генеральные цели.

2. Прогноз реализуемости (достижимости) целевых значений показателей уровня развития технологий в авиастроении выполнен в рамках предварительно сформированного перечня технических концепций авиационной техники (комплексов взаимодополняющих технологий, с использованием которых могут быть созданы перспективные образцы). Всего проанализировано более 25 технических концепций.

Также проведен анализ текущих трендов изменения показателей уровня научно-технического совершенства технологий авиастроения (без привязки к конкретным концепциям – рассматривались именно характеристики технологий, на основе которых могут быть сформированы концепции). Он показал, что потенциал развития современных технологий авиастроения во

всех сегментах (военном, гражданском), во всех классах авиационной техники недостаточен для качественных изменений на рынках авиаперевозок, прочих авиационных услуг и работ, и авиационной техники, а также методов ведения вооруженной борьбы.

3. Путем согласования форсайтов спроса и предложения, для каждого сегмента рынков авиационных работ и услуг, в т.ч. авиаперевозок и применения авиации в народном хозяйстве, рынков авиационной техники и секторов авиастроения сформированы уточненные прогнозы научно-технологического развития до 2030 г, включающие в себя:

- требования к интегральным характеристикам изделий авиационной техники;
- оценки реализуемости требуемых характеристик на базе рассмотренных технических концепций;
- ключевые технологии, позволяющие достичь требуемых характеристик изделий авиационной техники, с оценкой сроков достижения уровня готовности, достаточного для разработки новых изделий.

### 3.1. Гражданский сектор авиастроения

В наиболее емком сейчас сегменте магистральных авиаперевозок значительное повышение доступности – с 15-20% до 60-75% - достижимо лишь при сокращении себестоимости кресло-км в 5-8 раз. Это возможно лишь при появлении технологий дешевой (в 8-10 раз дешевле современного уровня) генерации электроэнергии (на борту она может храниться в виде сжиженного водорода, полученного электролизом). Тогда ВС могут быть перепроектированы в расчете на дешевую энергию, что позволит сократить и прочие, нетопливные слагаемые затрат. Но такие инновационные технологии появятся не раньше, чем через 40-50 лет.

В среднесрочной перспективе, до 15-20 лет, на магистральных самолетах могут быть внедрены ЭГСУ, работающие на взлете и посадке, для обеспечения нулевой эмиссии в зоне аэропорта. Несмотря на то, что при достижимых технологиях они будут проигрывать самолетам с ГТД по эксплуатационным затратам на 10-20%, это может стать категорическим требованием зарубежных стран. Определены пороговые объемы продаж таких ВС на мировом рынке, при которых российскому авиастроению выгоднее создавать такие ВС, а не ВС с ГТД «для внутреннего пользования».

В обозримой перспективе (до 30-50 лет) нет предпосылок для развития массового сегмента сверхзвуковых пассажирских перевозок, поскольку рост крейсерской скорости до 2500-3000 км/ч оправдывает повышение себестоимо-

сти кресло-км лишь до 10-15 руб., а реально достижимая при приемлемых экологических характеристиках скорость в пределах 1700-1900 км/ч оправдывает стоимость кресло-км лишь до 5-7 руб. Экономически эффективное развитие этого сегмента возможно лишь в дальней перспективе, также на основе дешевой наземной электрогенерации и хранения энергии на борту в виде жидкого водорода.

Восстановление сегмента прямых межрегиональных авиаперевозок требует обеспечения себестоимости авиаперевозок до 10 руб./ккм, при пассажироместности 9-19 мест. Возможно также возникновение нового субсегмента этого рынка – рынка практически ежедневных деловых полетов на расстояния до 1000-1500 км. Они могут пользоваться спросом у долей процента российского населения (но дадут прирост объема перевозок до 40-50%), и требуют дополнительно обеспечения нулевой эмиссии и снижения шума в окрестности аэропортов, чтобы они могли располагаться ближе к городам. Необходимые технологии могут быть созданы через 10-15 лет.

На местных воздушных линиях для обеспечения транспортного стандарта «300 км за 10 ч», Приморский край, при максимальном объеме субсидирования МВЛ в пределах 10 млрд руб/г) требуется пассажироместность до 19 мест, стоимость авиаперевозок около 15 руб./кресло-км в постоянных ценах. В регионах Крайнего Севера с низкой плотностью населения (пример – Якутия) для обеспечения транспортного стандарта «1000 км за 15 ч» требуется пассажироместность до 3-5 мест, стоимость авиаперевозок около 10-20 руб./кресло-км в постоянных ценах. Также необходимо обеспечить расширенные условия базирования. Такие характеристики достижимы в среднесрочной перспективе за счет использования ЭГСУ, местных энергетических ресурсов, интеллектуализации управления ЛА.

Авиация может занять новую емкую нишу при освоении обширных малонаселенных территорий. При обеспечении высокой транспортной связанности и доступности в таких регионах могут сложиться новые системы расселения и организации промышленности – сетевые, распределенные. Определены пороговые уровни себестоимости перевозки кг-км груза, при которых транспортная система на основе БЛА в малонаселенных регионах станет эффективнее альтернатив – дорожного транспорта, и т.п. Для различных грузопотоков будут оптимальными грузоподъемности в диапазоне от нескольких десятков кг до нескольких т. Крейсерская скорость полета может оставаться в пределах 200-300 км/ч.

Развитие аэротакси и грузовых перевозок в городах и пригородах требует обеспечения себестоимости кресло-км до 30 руб. при скоростях 100-150 км/ч, обеспечения строго вертикальных взлета и посадки, практической бесшумности и нулевой эмиссии. Это может быть реализовано с помощью

распределенных электрических силовых установок. Также необходимы интеллектуальные технологии управления движением как отдельного ВС (в т.ч. в условиях плотной застройки, что требует систем технического зрения), так и групповым движением.

Аналогичные требования предъявляются к ВС для различных сегментов рынка авиационных работ, включая авиасельхозработы, пожаротушение, различные виды мониторинга и т.п. Общей тенденцией является снижение оптимальных размерностей ВС по сравнению с традиционными в этих областях (например, точное земледелие требует внесения малых количеств, от нескольких десятков кг; оптимальная организация пожаротушения также предполагает быстрое реагирование распределенной группировки ВС малой грузоподъемности).

Поэтому требуются технологии создания модульных авиационных систем, аддитивного производства и индивидуального автоматизированного проектирования планера «под» определенную задачу или миссию. Производство таких ВС будет распределенным, приближенным к местам их базирования и применения.

### 3.2. Военный сектор авиастроения

Сложившиеся тенденции усложнения авиационных комплексов вследствие их универсализации, требований обеспечения многофункциональности, практически зашли в тупик. Необходимость совмещения противоречивых требований (высоких ЛТХ и малой заметности, ударного и разведывательного потенциала, и т.п.) в период исчерпания возможностей развития технологий приводит к прогрессирующему увеличению сроков создания образцов АТВ и СН, удорожанию их приобретения и эксплуатации, не оправданному адекватным повышением боевой мощи группировок.

Поэтому уже в среднесрочной перспективе (порядка 10 лет) с военно-технической и военно-экономической точек зрения целесообразно изменение тенденций технологического развития АТВ и СН в пользу распределенных модульных систем. Их элементы:

- являются, как правило, монофункциональными (носители средств разведки и целеуказания, АСП и т.д.), что позволяет избежать усложнения требований и выполнить их даже на основе имеющихся современных технологий;
- связаны между собой сетцентрическими децентрализованными системами связи и управления;
- вариативны по исполнению – например, могут быть не обязательно воз-

душного базирования, но и наземного, морского, космического, в зависимости от целесообразности.

- В рамках такой общей концепции развития АТВ и СН наиболее приоритетны следующие макротехнологии:
- АСП, в т.ч. гиперзвуковые;
- многосредные ЛА;
- средства разведки и целеуказания, РЭБ, в т.ч. на новых физических принципах;
- сетцентрические системы связи и управления, защищенные и устойчивые к РЭБ.

## **6.2 Комплексные научно-технологические проекты в авиастроении**

В результате исследований Центра по разработке долгосрочного прогноза, сопоставления перспективных требований к авиационной технике и оценки технологических возможностей, с учетом мировых тенденций развития были определены приоритетные направления научно-технологического развития авиастроения:

- Формирование интегрированной авиатранспортной системы в составе мультимодальной Единой транспортной системы Российской Федерации
- «Электрический самолет»
- Сверхзвуковой пассажирский (деловой) самолет
- Аэротакси, транспортные беспилотные летательные аппараты как составляющая интегрированной авиатранспортной системы

По этим направлениям сложился консенсус среди специалистов отрасли. Именно в этих направлениях, как показывает долгосрочный прогноз, описанный в разделе 6.1, возможны (хотя и не гарантированы) прорывы, это шанс на выполнение перспективных требований.

Основной недостаток существующей системы организации прикладных НИР в том, что, хотя отдельные работы направлены на совершенствование перспективной авиационной техники, но они не обеспечивают полноты необходимых технологий, синхронности их создания и системной интеграции. Это можно обеспечить только в рамках централизованно управляемых комплексных проектов. Они предусматривают системную интеграцию технологий, создаваемых различными организациями, целостность НТЗ.

Если каких-либо технологий в текущих планах нет, в комплексном проекте необходимые разработки будут инициированы. На рис. 6.1 схематично изображено отличие сложившейся и предлагаемой систем организации создания новых технологий в рамках комплексных проектов.



**Рисунок 6.1 Обеспечение системной интеграции технологий и скоординированного создания НТЗ в рамках комплексных научно-технологических проектов**

В связи с этим для развития технологий в рамках вышеперечисленных приоритетных направлений был сформирован следующий перечень комплексных проектов, из которых 4 – в обеспечение создания перспективной авиационной техники, и 2 – обеспечивающих:

- Интегрированная авиатранспортная система. Технологии разработки, производства и эксплуатации воздушных судов (шифр «АТС»)
- Сверхзвуковые пассажирские/деловые самолеты (шифр «СПС/СДС»)
- Электрические летательные аппараты (шифр «ЭЛА»)
- Высокоинтеллектуальные авиационные системы нового поколения (шифр «ВИАС»)
- Развитие методов и средств исследований и испытаний (шифр «База»)
- Международное сотрудничество в области авиационной науки и технологий (шифр «Мониторинг»)

На рис. 6.2 показана их взаимосвязь.



### Рисунок 6.2 Взаимосвязь комплексных научно-технологических проектов

В рамках головного проекта – АТС – формируются требования к перспективным образцам АТ. Задел для их разработки формируется в трех последующих проектах. Их реализацию поддерживает проект по развитию методов и средств исследований и испытаний. Также общесистемный характер носит проект в области мониторинга и международной деятельности.

### 6.3 Анализ и систематизация центров компетенции в авиационной науке

Необходимость создания центров компетенций обусловлена возникновением новых системных проблем в разных областях, решение которых возможно только в рамках междисциплинарных исследований (прежде всего, вышеописанных комплексных проектов) при наличии соответствующих экспертов и методологий.

В ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» проводятся исследования по разработке методологии выявления и анализа деятельности центров компетенции авиационной науки. В рамках проводимых исследований следующие результаты:

- определены понятие центров компетенции авиационной науки, сущность и функции центров компетенции авиационной науки; введена классификация центров компетенции авиационной науки;
- разработан подход к формированию критериев выявления центров ком-



петенции авиационной науки, определены показатели, характеризующие организацию как центр компетенции; определен интегральный показатель (индекс) компетенции организации; предложен подход к определению индикаторов для каждого показателя для формирования критериев;

- сформированы принципы и подходы к выявлению центров компетенции авиационной науки; предложены два подхода: иерархический подход (ИП), в основе которого лежит сбор и обработка информации о деятельности организации из открытых источников методами анализа больших данных и структурно-функциональный подход (СФП), в основе которого лежит организационно-штатная структура организации;
- разработаны методологические основы выявления центров компетенции авиационной науки для ИП на основе методов анализа больших данных.

### **6.3.1 Определение понятия «центр компетенции авиационной науки». Сущность и функции центров компетенций авиационной науки**

В рамках проведенных работ во ФГУП «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» уточнено определение Центра компетенции, дано определение центра компетенции авиационной науки, введена классификация центров компетенции авиационной науки, а также определены их основные функции.

**Центр компетенций (ЦК)** – организационная единица управления, которая осуществляет деятельность по развитию и эффективному применению компетенций компании (организации) по направлениям деятельности и способная получать при этом конкурентоспособные результаты.

Следует отметить, что термины «компетенция» и «центр компетенций» прочно вошли в различные области деятельности человека и общества, несмотря на то, что до сих пор не существует точного определения сущности этих терминов. Как отмечено в работе Е.И. Кудрявцевой «Компетенции и менеджмент: компетенции в менеджменте, компетенции менеджеров, менеджмент компетенций», *«как известно, практически каждое исследование в области компетенций начинается с того, что автор совершает своеобразный забег, собирая все доступные ему определения понятий «компетентность» и «компетенция...»* Вряд ли можно соперничать, например, с М. Bron, чье исследование начинается с подробного анализа 21 понятия определения «компетенции». В работе Л.Г. Хисамиевой «Компетенция и компетентность в структуре научно-исследовательской деятельности» сказано: *«Анализ исследований отечественных ученых позволил выявить бесконечное многообразие подходов к определению термина «компетентность», причем дифференциация в понимании интересующего нас понятия наблюдается не только между различными областями научного знания, но и внутри той или иной науки».*

В ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» также были приняты определения «компетенции» и связанных с ней категорий, которые используются в дальнейшей работе.

**Компетенция (компетенция человека, индивидуальная компетенция, персональная компетенция)** – совокупность знаний, умений и навыков, которые требуются человеку для получения конкурентоспособных результатов по выбранному направлению деятельности.

**Компетенция компании** – набор взаимосвязанных навыков специалистов – сотрудников компании, их профессиональных и личностных характеристик, а также набор технологий, материальных и не материальных ресурсов компании, обеспечивающий компании эффективное решение определенных задач, ситуаций. **Стандартная компетенция компании** – набор преимуществ, технологий, способностей, знаний и умений, позволяющий компании решать типичные для данного сегмента рынка задачи, осуществлять операционные процессы на уровне, принятом как стандарт.

**Ключевая (отличительная, базовая, исключительная, базисная, уникальная, бизнес-компетенция) компетенция компании** (также используется термин “критический фактор успеха компании”, КФУ) – такая компетенция, наличие которой позволяет компании решать задачи, непосильные для большинства других игроков рынка, устанавливает новый стандарт деятельности в отрасли и тем самым обеспечивает обладателю конкурентное преимущество.

**Центр научных компетенций (ЦНК)** – центр компетенций, направлением деятельности которого является научная деятельность.

**Научная (научно-исследовательская) деятельность (далее - научная деятельность)** - деятельность, направленная на получение и применение новых знаний.

**Центр технологических компетенций (ЦТК)** – центр компетенций по направлению деятельности, связанного с созданием и развитием производственных технологий.

**Технология** - результат научно-технической деятельности, который может служить технологической основой определенной практической деятельности в сфере авиастроения, представленный в одной из следующих форм: продуктовая, производственная, управленческая.

**Центр экспериментальных разработок (ЦЭР)** – центр компетенций по направлению деятельности, связанного с экспериментальными разработками.

**Экспериментальные разработки** - деятельность, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или

на основе практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

**Центр системной интеграции технологий (ЦСИТ)** – центр компетенций по направлению деятельности, связанного с интеграцией технологий.

**Системная интеграция технологий** — научно-техническая деятельность по следующим направлениям: объединение различных технологий в области авиастроения в целях обеспечения наиболее эффективного их сочетания; поиск новых технологий авиастроения; построение концепций создания технологий с дальнейшим трансфером технологий в авиационную промышленность; модель целостной оценки уровней готовности технологий с учетом интеграции технологий.

**Центр компетенций авиационной науки (ЦКАН)** – центр компетенции, направление деятельности которого соответствуют проблемно-ориентированным проектам (задачам) Плана деятельности ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского».

Основными функциями ЦКАН являются:

- Накопление информации по своим компетенциям
- Систематизация информации по своим компетенциям
- Развитие своих компетенций
- Применение своих компетенций при выполнении работ по контрактам с внешними организациями.
- Обучение своим компетенциям

### **6.3.2 Разработка критериев выявления центров компетенций авиационной науки**

- **Критерий**— признак, основание, правило принятия решения по оценке чего-либо на соответствие предъявленным требованиям.

Таким образом, при разработке критерия необходимо охарактеризовать предъявляемые к объекту требования, дать некоторую характеристику объекта, описывающую то свойство объекта, к которому предъявляются требования.

- **Показатель** - количественная или качественная характеристика объекта, описывающая какое-либо его свойство.

Если рассматриваемый показатель количественный и обладает свойствами шкалы отношений, то решающее правило (критерий) представляет собой принятие решения на основе сравнения полученного значения показателя с некоторыми заданными значениями этого показателя – критическими значениями или индикаторами.

– **Индикатор** – значения показателя на основании сравнения с которым принимается решение в соответствии с принятым критерием.

Разработку критериев выявления ЦКАН следует начать с определения интересующих нас компетенций, которыми должен обладать ЦКАН. Это можно делать двумя подходами:

- компетенции могут быть определены экспертным путем по данным, предоставленным организацией. В этом случае эксперты определяют компетенции на основе своего опыта и мнения. Данный способ требует высокой компетентности экспертов в соответствующих областях и их неангажированности.
- компетенции могут быть определены экспертным путем на основе собранной из различных источников и обработанной информации о деятельности организации по кодам (описаниям) выбранного рубрикатора/классификатора. Данный способ позволяет выявить центры компетенций используя различные методы обработки информации на ЭВМ, а экспертов с высокой квалификацией привлекать только для валидации полученных выводов и совершенствования применяемых методов обработки информации.

В качестве показателей, характеризующие эффективность выполнения ЦКАН присущих ему функций, определены:

- количество проектов, выполняемых организацией по своим компетенциям;
- объем финансирования проектов, выполняемых организацией по своим компетенциям;
- количество публикаций в рейтинговых научных журналах;
- количество полученных патентов;
- свидетельств о регистрации программы для ЭВМ/базы данных;
- количество базовых кафедр в вузах;
- количество обучающих курсов повышения квалификации.

Для вычисления интегрального показателя (индекса) каждой организа-

ции значение каждого показателя нормируется делением на максимальное из рассматриваемых значение показателя для различных компетенций и организаций.

Для каждой  $i$ -ой организации, каждого  $j$ -ого показателя и каждого  $l$ -ой компетенции экспертными методами устанавливается весовой коэффициент  $k_{ij}^l$ :

(1)

$$k_{ij}^l \geq 0, \sum_{j=1}^7 k_{ij}^l = 1.$$

Значения коэффициентов  $k_{ij}^l$  будут зависеть от того, к какому из 5-ти видов ЦКАН предполагается отнести рассматриваемую организацию. Например, количество научных публикаций в рейтинговых научных журналах для ЦНК является более значимым показателем, чем для ЦТК, ЦЭР или ЦСИТ.

Интегральный показатель (индекс) компетенции по  $l$ -ой компетенции для  $i$ -ой организации имеет вид:

(2)

$$J_i^l = \sum_{j=1}^7 k_{ij}^l P_{ij}^l$$

где  $l$  – порядковый номер компетенции,  $P_{ij}^l$  – значение нормированного  $j$ -го показателя  $i$ -ой организации для  $l$ -ой компетенции.

Принятие решения о принадлежности организации какому-либо ЦКАН осуществляется по результату сравнения вычисленного значения интегрального показателя (индекса) организации с индикаторами соответствующей компетенции. Для этого необходимо задать индикаторы (критические значения показателя) компетенций и решающее правило. Однако каких-либо строго обоснованных математических методов определения индикаторов компетенций для интегрального показателя не существует. Поэтому подходом к определению индикаторов может быть экспертная оценка, основанная на предварительной группировке собранных данных по показателям организаций. Наиболее подходящим для проведения предварительной группировки представляется кластерный анализ. Для формирующих индикаторы и критерии экспертов результаты кластерного анализа целесообразно представить в виде 3D-6D диаграмм и картированием.

### **6.3.3 Формирование принципов и подходов к выявлению центров компетенций авиационной науки**

Для выявления центров компетенции авиационной науки применяется два подхода:

- 1 Структурно-функциональный подход (СФП, подход «снизу») - анализ структурных подразделений организации. В этом подходе перечень компетенций определяется на экспертном уровне, а в качестве начального перечня берется штатная структура организации.
- 1 Иерархический подход (ИП, подход «сверху») - анализ деятельности организации с формированием перечня компетенций методами анализа больших данных. Этот подход, основанный на больших данных, предполагает проведение мониторинга различных источников информации о деятельности организации с последующей обработкой собранной информации по сформированным правилам.

Суть первого подхода заключается в определении области деятельности структурных подразделений организации, а затем на основе анализа кадрового состава, выполняемых проектов и публикаций определяются компетенции рассматриваемого структурного подразделения.

При втором подходе для выявления ЦКАН выделяется пять сущностей (сопутствующая информация), которые характеризуют компетенции:

- Проекты и их объем характеризует востребованность компетенций этого кода.
- Публикации, патенты, регистрации программ для ЭВМ/баз данных свидетельствует о развитии компетенций.
- Количество сотрудников определяет количество носителей компетенций этого кода.
- Ранжирование сотрудников по количеству публикаций, патентов и регистраций ПО характеризует «значимость» сотрудника как носителя компетенций этого кода.
- Наличие базовых кафедр, обучающих курсов характеризует возможность распространения компетенций и пополнение кадрового состава.

Для каждой компетенции устанавливаются сотрудники, которые работают по данному направлению, а также публикации, проекты, количество зарегистрированных ПО и патентов по данному направлению.

Если по компетенции имеется значительный объем сопутствующей информации, то можно считать, что выявлен центр компетенций.

Следует отметить, что если результаты, полученные при использовании разных подходов, существенно различаются, то это свидетельствует о недостаточно глубокой проработке или недостаточности имеющейся информации.

### **6.3.4 Разработка системы методов и методических основ выявления центров компетенций авиационной науки**

В основе методологии выявления ЦКАН при помощи ИП лежат большие данные - совокупность подходов, инструментов и методов обработки структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия для получения воспринимаемых человеком результатов, эффективных в условиях непрерывного прироста, распределения по многочисленным узлам вычислительной сети, сформировавшихся в конце 2000-х годов, альтернативных традиционным системам управления базами данных и решениям класса Business Intelligence.

Для сбора хранения и обработки информации целесообразно создание и использование электронных баз знаний. В общем случае электронная база знаний включает в себя электронную библиотеку для хранения первичной информации, базу данных для хранения систематизированной (обработанной) вторичной информации, средства обработки и представления информации пользователю

Электронная библиотека (ЭБ) – это совокупность электронных текстовых документов, сервисов быстрого доступа к ним и сервисов наполнения библиотеки новыми документами. Сервисы доступа разделяются на поиск документов по заданным параметрам и просмотр содержимого электронной библиотеки, удовлетворяющего некоторым критериям. Электронные документы содержатся в библиотеке в структурированном виде.

Автоматическая загрузка документов из разнородных источников в библиотеку осуществляется с помощью метода реляционно-ситуационного поиска. Источниками документов могут быть, например, сайты журналов и сайты организаций по требуемой тематике или из заданного перечня. Наполнение ЭБ может происходить в автоматическом режиме по расписанию. В процессе наполнения опрашиваются внешние источники (сайты журналов, организаций), автоматически извлекается нужная информация и помещается в ЭБ. Модули наполнения в полуавтоматическом режиме с помощью методов машинного обучения настраиваются на извлечение из информационных ресурсов только необходимой информации, например, аннотаций и текстов статей, аннотаций и текстов патентов, текстов статей, кодов рубрикаторов/классификаторов, количество цитирований без учета самоцитирований и т.д..

В электронной библиотеке создается электронный каталог.

Электронный каталог - это систематизированное описание хранящихся в библиотеке документов. Для целей выявления ЦКАН целесообразно создание тематических каталогов, где рубрики соответствуют темам в пред-

метной области, заданной кодами или описаниями рубрикаторов/классификаторов. Тематические каталоги разбивают все документы электронной библиотеки на множества (возможно, пересекающиеся) тематически близких документов, что при дополнительной каталогизации по организациям можно использоваться для выявления ЦКАН и определения пересечения компетенций. Основу тематического каталога электронной библиотеки могут составлять стандартные библиотечные классификаторы ГРНТИ, УДК.

Поиск документа в электронной библиотеке может проводиться как по отдельным полям документа, так и по его тексту. Навигация по электронной библиотеке обеспечивается электронными каталогами, позволяющими просматривать описание документов.

Навигация по тематическому каталогу позволяет просматривать описания документов, относящихся к заданной теме. Тематический каталог может также использоваться при поиске в электронной библиотеке для фильтрации результатов поиска по заданной теме.

Наполнение электронной базы происходит из разных источников, в первую очередь - из среды Интернет. Для поиска информации в Интернете используется несколько видов поиска:

- булев поиск, основанный на обнаружении комбинаций ключевых слов, разделенных операторами AND, OR, NOT (И, ИЛИ, НЕ, НИ);
- нечеткий поиск (обработка неправильного написания и множественных чисел ключевых слов);
- поиск с использованием джокеров (Wildcard-символов) и поиск с расстоянием (синтаксический анализ документов или запрашиваемых слов)
- поиск по контексту (анализирует контент Интернет-страниц и возвращает семантический элемент страницы);
- поиск, основанный на местоположении ключевых слов (ключевые слова в заголовочных тегах Интернет-страницы более важны, чем ее контент)
- и др.

Следует отметить, что ИП не позволяет связать компетенции с структурными подразделениями организации, так как оно идет от результатов функционирования организации, а не от структуры организации. «Разбиение» по подразделениям организаций, при необходимости, следует проводить дополнительно.

Собранные данные должны обрабатываются методами кластерного ана-



лиза, которые позволяют разделить изучаемую совокупность объектов на группы “схожих” объектов, называемых кластерами, разнести записи в различные группы, или сегменты. Кластеризацию проводят для объектов с количественными (числовыми), качественными или смешанными признаками. Существует множество методов кластеризации, которые можно классифицировать на четкие и нечеткие. Четкие методы кластеризации разбивают исходное множество объектов  $X$  на несколько непересекающихся подмножеств. При этом любой объект из  $X$  принадлежит только одному кластеру. Нечеткие методы кластеризации позволяют одному и тому же объекту принадлежать одновременно нескольким (или даже всем) кластерам, но с различной степенью. Применительно к задаче выявления ЦКАН, нечеткая кластеризация представляется более “естественной».

Методы кластеризации также классифицируются по тому, определено ли количество кластеров заранее или нет. В последнем случае количество кластеров определяется в ходе выполнения алгоритма на основе распределения исходных данных. Выявление ЦКАН методами кластерного анализа как раз связано с определением количества кластеров, поэтому следует использовать алгоритмы не требующие априорно задания количества классов. Не требует задания количества кластеров, например, алгоритм горной кластеризации.

Кластерный анализ, в общем виде, сводится к следующим этапам:

1. Отбор выборки объектов для кластеризации.
2. Определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке. При необходимости – нормализация значений переменных.
3. Вычисление значений меры сходства между объектами.
4. Применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов (кластеров).
5. Представление результатов анализа.

Для эффективной работы алгоритм кластеризации должен удовлетворять следующим требованиям:

1. Минимально возможное количество проходов по базе данных;
2. Работа в ограниченном объеме оперативной памяти компьютера;
3. Работу алгоритма можно прервать с сохранением промежуточных результатов, чтобы продолжить вычисления позже;

4. Алгоритм должен работать, когда объекты из базы данных могут извлекаться только в режиме однонаправленного курсора (т.е. в режиме навигации по записям).

Алгоритм, удовлетворяющий перечисленным требованиям (особенно второму), называют *масштабируемым* (scalable). Масштабируемость – важнейшее свойство алгоритма, зависящее от его вычислительной сложности и программной реализации. Имеется и более емкое определение. Алгоритм называют масштабируемым, если при неизменной емкости оперативной памяти с увеличением числа записей в базе данных время его работы растет линейно.

Значительное разнообразие методов анализа больших данных по сбору и обработке собранной информации, их высокая адаптивность к условиям задачи позволяют применить подход «сверху» для выявления ЦКАН.

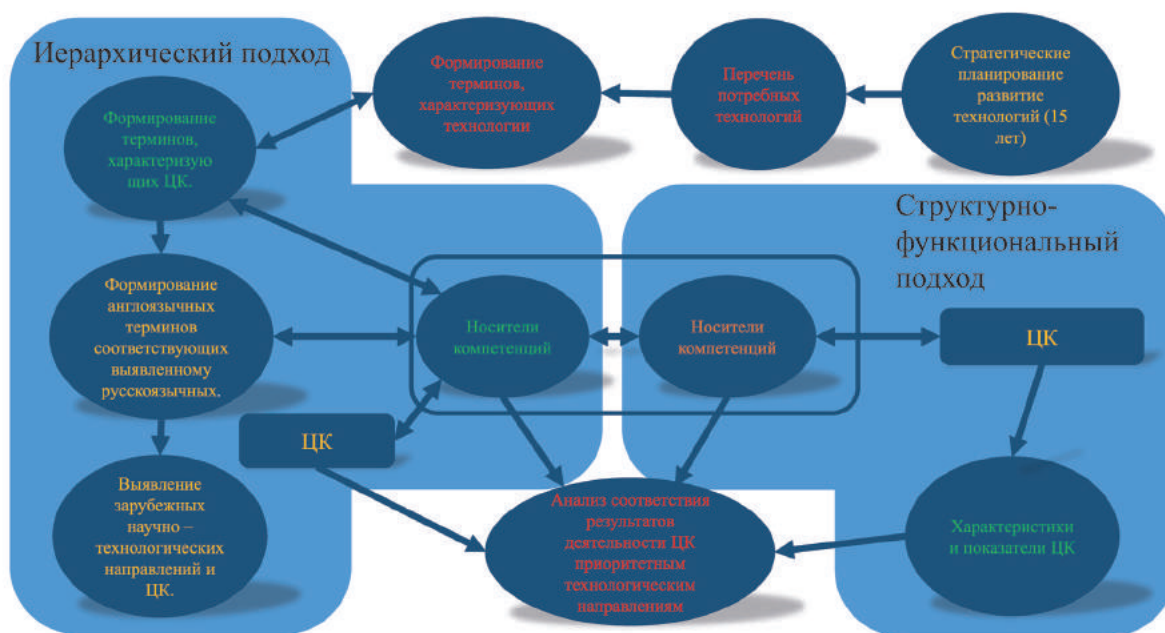
В отличие от ИП, СФП к выявлению ЦКАН изначально обеспечивает связь компетенций со структурными подразделениями организации. Однако, при таком подходе возникает сложность с выявлением ЦКАН по выбранной компетенции из-за возможных дублирований компетенции различными структурными подразделениями, причем уровень развития выбранной компетенции может существенно различаться в разных структурных подразделениях организации. Кроме того, выявление центров компетенций «снизу» требует значительных организационных усилий и временных затрат, так как должно проводиться каждой организацией в каждом структурном подразделении организации.

СФП к выявлению ЦКАН состоит из следующей последовательности действий:

1. Выявление списка компетенций на экспертном уровне. В качестве начального приближения можно использовать организационную структуру, при этом эксперты решают задачу уточнения компетенций.
2. Выявление специалистов, относящихся к центрам компетенции, на основании самооценки сотрудников или на основании мнения руководителя структурного подразделения. При этом следует контролировать, чтобы различные способы выявления носителей компетенций давали сопоставимые результаты.
3. Установление связи между проектами и компетенциями, необходимыми для их реализации на экспертном уровне, но установленная связь должна подтверждаться компетенциями авторов отчетов по проектам и используемой инфраструктурой. Мерой результата целесообразно взять объемы внутренних затрат центра компетенций в реализации проекта и качественные признаки использования тех или иных компетенций при реализации проектов.

Каждый из рассмотренных подходов имеет свои преимущества и недостатки, поэтому, выявление ЦКАН целесообразно проводить используя оба подхода и сопоставляя их результаты. Сопоставление результатов можно проводить через выявленных предложенными подходами носителей компетенций.

Схема сопоставления результатов применения предложенных подходов приведена на рис. 6.3.



**Рисунок 6.3** Схема сопоставления результатов применения ИП и СФП

ИП к выявлению ЦКАН, при наличии необходимого программного обеспечения для больших данных, позволит провести оперативное выявление ЦКАН. Далее следует провести уточнение выявленных ЦКАН, применив СФП.

#### 6.4 Механизмы управления использованием и развитием экспериментальной и полигонной базы в авиастроении

Основные принципы построения экспериментальной и полигонной базы (ЭПБ) Центра и предприятий, в отношении которых полномочия учредителя и собственника имущества осуществляет Центр (далее – предприятий Центра):

**независимость** – официальный статус испытательных и сертификационных центров, государственное финансирование поддержания и развития объектов для обеспечения объективности исследований, испытаний и экспертизы, гарантированного выполнения государственных функций, возложенных на Центр;

**доступность** – гарантированное обеспечение возможности проведения экспериментальных исследований на регламентирующей основе для всех российских научных организаций и организаций промышленности, а также иностранных заказчиков;

**актуальность** – возможность развития при соответствии будущим требованиям исследований;

наличие общей стратегии развития экспериментальной и полигонной базы;

выделение приоритетных направлений развития – направленность на исследовательские возможности национального уровня, а не на количество или широту диапазона лабораторных исследований более низкого уровня;

ориентация на надежность исследовательских средств и их эффективность для получения максимальной пользы от проводимых исследований;

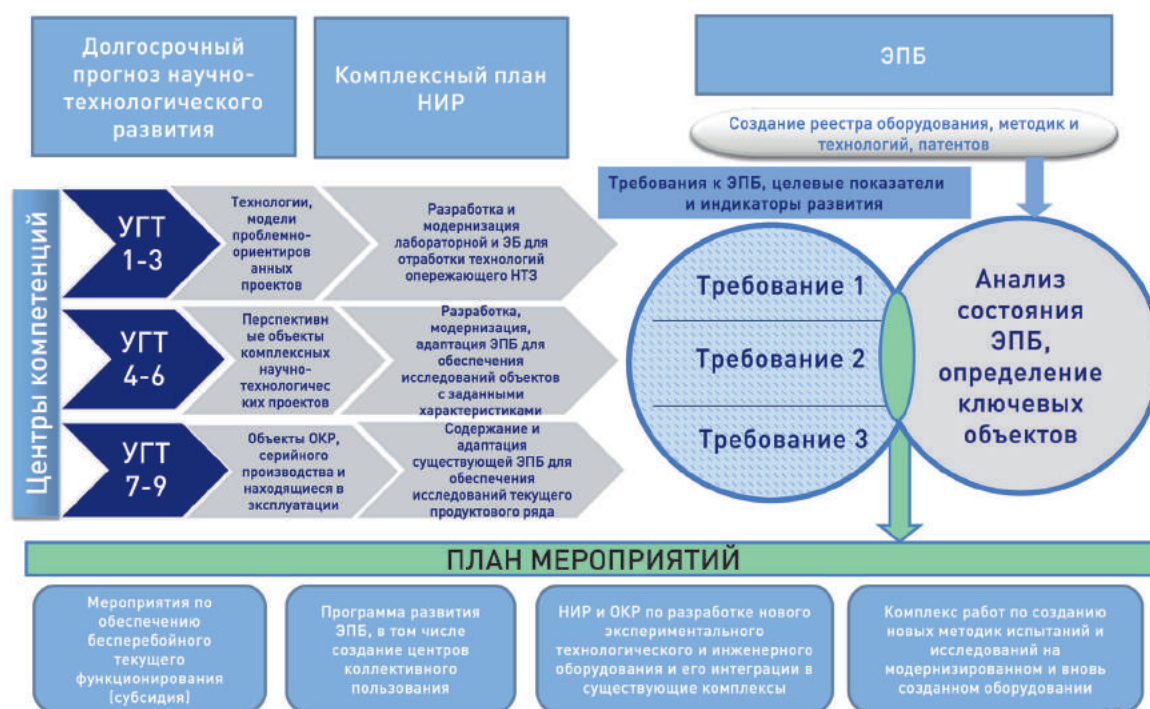
управление и планирование развития экспериментальной и полигонной базы авиационной науки.

В качестве основных принципов эффективного управления развитием ЭПБ могут быть названы следующие:

- соответствие возможностей ЭПБ научным направлениям развития авиационной техники;
- исключение параллелизма и дублирования в развитии объектов ЭПБ;
- модульность, многофункциональность, унификация средств ЭПБ;
- повышение качества и снижение энергоемкости объектов ЭПБ, повышение экономичности экспериментальных исследований;
- обеспечение безопасности экспериментальных исследований;
- максимально возможная автоматизация проведения экспериментов и испытаний.

Предъявляемые требования к развитию экспериментальной и полигонной базы в авиастроении в значительной степени определяются Комплексным планом НИР, содержащим основные направления и перечень научно-исследовательских работ (включая экспериментальные работы), необходимых для формирования перспективного научно-технического задела с одной стороны, и фактическое состояние экспериментальной и полигонной базы, определение ключевых объектов, методик и технологий с другой, позволяют сформировать необходимые требования с градацией согласно УГТ (уровням готовности технологий) к экспериментальной и полигонной базе, определить целевые показатели и индикаторы развития.

На основании этого возможно сформировать планы мероприятий и программ по развитию экспериментальной и полигонной базы, созданию центров коллективного пользования, по разработке нового экспериментального технологического и инженерного оборудования и его интеграцию в существующие комплексы, созданию новых методик испытаний на модернизированном и вновь созданном оборудовании и методик исследований. Схематично описанный механизм управления развитием ЭПБ показан на рис. 6.4.



**Рисунок 6.4 Механизм управления развитием экспериментальной и полигонной базы авиационной науки**

Данный механизм даёт четкую привязку включаемых в государственные программы, финансируемых из федерального бюджета инвестиционных проектов, к достижению необходимых параметров экспериментальной и полигонной базы как для создания опережающего НТЗ, так и для сертификационных, приемо-сдаточных и государственных испытаний.

При разработке методологии управления развитием экспериментальной и полигонной базы авиационной науки получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

- разработаны методологические принципы эффективного управления использованием и развитием экспериментальной и полигонной базы научно-технологического развития авиационной науки;
- сформированы и обоснованы критерии и показатели эффективности создания (модернизации) и использования объектов экспериментальной

ной и полигонной базы научно-технологического развития авиастроения, и разработаны методы их расчета;

- представлены предложения по совершенствованию механизмов и нормативной правовой базы режима коллективного использования объектов экспериментальной и полигонной базы научно-технологического развития авиастроения;
- сформулирована общая методология эффективного управления использованием и развитием экспериментальной и полигонной базы научно-технологического развития авиастроения.
- Результаты данной работы подлежат внедрению и использованию:
- при формировании программ развития экспериментальной и полигонной базы авиастроения на национальном уровне, в отдельных научных организациях и интегрированных структурах промышленности;
- при совершенствовании нормативно-правовой и нормативно-методической базы управления развитием экспериментальной и полигонной базы науки, его ресурсного обеспечения.
- Обоснован переход на раздельное финансирование собственно проведения НИР при создании НТЗ в авиастроении, содержания и развития экспериментальной базы, см. рис. 6.5.



**Рисунок 6.5 Предлагаемая схема финансирования содержания и развития экспериментальной и полигонной базы авиационной науки**

Введение целевой субсидии на содержание ЭПБ приведет к повышению доступности и одновременному снижению затрат на испытания, что можно рассматривать в качестве прямой меры поддержки конкурентоспособности отечественной промышленности. Кроме того, предложенный подход, предполагающий гарантированное и «прозрачное» финансирование содержания и развития ЭПБ, позволит обеспечить постоянную техническую готовность ЭПБ, ее безаварийную эксплуатацию, сделать оправданной аккредитацию испытательных лабораторий НИЦ в авиационных администрациях ведущих авиационных держав (EASA, FAA и др.).

## Глава 7. Эффективность трансфера технологий (на примере авиастроения)

### 7.1 Анализ возможностей межотраслевого трансфера технологий авиастроения

Широко известен тезис о том, что авиастроение и другие наукоемкие и высокотехнологичные отрасли промышленности служат «инновационным локомотивом» национальной экономики (см., например, [2, 13, 15, 35]), нередко говорится о мультипликативных эффектах, которые такие отрасли оказывают на экономику. Однако практически отсутствуют количественные оценки вышеназванных эффектов, и даже четкие качественные описания механизмов благотворного воздействия авиастроения и других наукоемких и высокотехнологичных отраслей на прочие отрасли. Основным механизмом такого положительного влияния состоит в трансфере технологий авиастроения в другие отрасли промышленности. Причем, технологии здесь понимаются в современном, широком смысле. Это не только (и, строго говоря, не столько) производственные технологии, т.е. способы изготовления изделий и их компонент, но, в первую очередь, продуктовые технологии, т.е. конструктивные решения, принципы действия изделий и их подсистем. Еще один вид технологий, в современном понимании – это конструкционные и расходные материалы, которые применяются для изготовления изделий (в т.ч. различные вспомогательные материалы, используемые в производственных процессах), а также в процессе их эксплуатации – например, топлива, смазки, теплоносители и др. Производственные технологии также понимаются более широко, чем только способы изготовления изделий. В современном понимании они включают в себя способы, методы и средства, используемые для поддержания всех стадий жизненного цикла изделий. Т.е. это также технологии прикладных исследований, проектирования и испытаний изделий, послепродажного обслуживания, ремонта и модернизации. Как будет показано далее, из всех производственных технологий авиастроения именно эти, «непроизводственные» их виды, обладают наибольшим потенциалом трансфера в прочие отрасли.

Трансфер, т.е. передача технологий в прочие отрасли, на первый взгляд, позволяет, прежде всего, достичь экономии затрат на их разработку, т.е. на прикладные НИР. Если некоторые прикладные исследования уже были проведены в интересах авиастроения, и их результаты – новые технологии – применимы в каких-либо других отраслях-реципиентах (пусть даже и требуют адаптации), тогда в этих отраслях уже не потребуется проводить в полном объеме дублирующие прикладные исследования. На этом эффекте, сокращении потребных затрат на НИР, основана эффективность *межотраслевой ин-*



*теграции* исследований и разработок, т.е. их выполнения в интересах сразу нескольких отраслей (что подробно исследовано в главе 8). Однако результативность и эффективность трансфера технологий авиастроения в прочие отрасли определяется не только и, как правило, не столько экономией на НИР, сколько теми изменениями, которые повлечет применение авиационных технологий на последующих стадиях жизненного цикла продукции отраслей-реципиентов – при разработке, производстве изделий и, наконец, в эксплуатации. Поэтому эффективность трансфера технологий можно оценить, лишь рассмотрев жизненный цикл продукции отраслей-реципиентов.

Разумеется, такой анализ эффективности трансфера технологий авиастроения желательно проводить до начала прикладных НИР, организуемых в рамках межотраслевой интеграции. Прежде чем принять решение о разработке технологий в интересах нескольких отраслей и областей техники, следует оценить комплексно эффективность применения будущих технологий в этих отраслях. Если в других отраслях новые технологии не будут востребованы, теряет смысл их совместная разработка, и не удастся достичь какой бы то ни было экономии благодаря «исключению дублирования». Поэтому анализ эффективности применения предлагаемых к разработке технологий во всех отраслях-«кандидатах» на межотраслевую интеграцию – необходимый этап при принятии соответствующих решений. Но трансфер технологий авиастроения может и не предполагать межотраслевой интеграции исследований и разработок<sup>14</sup>. Вполне возможно, что они уже проведены, и новые технологии уже разработаны в интересах авиастроения. В этом случае основные затраты на НИР уже понесены, и их возможная экономия в авиастроении уже неактуальна. Но те же технологии далее могут быть эффективно приложены к прочим отраслям (принося им положительный эффект) – возможно, ценой некоторой адаптации. В то же время их применение в некоторых отраслях может и не быть целесообразным.

Для систематического (регулярного, сводящего к минимуму возможности пропусков и риск волюнтаризма) выявления возможных областей применения авиационных технологий целесообразно

- построение матрицы «отрасли (виды техники) – используемые технологии»
- и выделение отраслей, в которых могут применяться те или иные технологии, создаваемые в интересах авиастроения.

Качественная информация о наименованиях технологий в этой матрице

---

<sup>14</sup> При этом, как здесь обосновано, противоположное строго обязательно. Т.е. межотраслевая интеграция исследований и разработок в том случае, если трансфер ожидаемых технологий в некую отрасль-участницу нецелесообразен (как показывает комплексный анализ на основе рассмотрения всего жизненного цикла), бессмысленна для этой отрасли.

должна дополняться количественными характеристиками требуемых в различных отраслях уровней совершенства технологий. Если, например, авиастроение является наиболее «требовательной» отраслью в части тех или иных характеристик, тогда созданные в его интересах технологии автоматически применимы в других отраслях и видах техники. Однако таким образом определяется именно техническая возможность их применения (и, соответственно, трансфера готовых технологий или межотраслевой интеграции будущих исследований и разработок). А целесообразность (экономическая и прочая) использования авиационных технологий в прочих отраслях должна оцениваться отдельно, и может быть оценена с помощью предложенного в данном исследовании методического инструментария.

Систематическое выявление возможностей и целесообразности трансфера технологий, разработанных в интересах авиастроения, в иные отрасли, возможно на базе следующего подхода. На основе стратегических планов научно-технологического развития авиастроения необходимо определить полный набор необходимых технологий и приоритетных направлений технологического развития. Далее на всем множестве отраслей и видов техники (потенциальных реципиентов) определяются те из них, в которых также используются либо будут использоваться в будущем выявленные технологии. Т.е. выявляется полный спектр возможных смежных рынков. Наконец, определяются их количественные характеристики – прежде всего, емкости этих смежных рынков, и вклад технологий, разработанных в интересах авиастроения, в повышение эффективности и конкурентоспособности различных продуктов на этих смежных рынках. В данной работе и предлагается подход к количественному определению этого вклада.

Следует отметить работы [24, 80] и др., в которых исследуются возможности, а также систематизируются конкретные, фактически реализованные примеры применения различных технологий авиастроения в прочих отраслях. Однако при этом отсутствуют количественные оценки эффективности трансфера технологий авиастроения в те или иные отрасли и области техники. Также обширный массив работ в экономической литературе посвящен изучению самих процессов и механизмов трансфера технологий. Среди них есть и работы, посвященные, как декларируется в названиях, оценке эффективности трансфера технологий – например, [1, 3, 36, 50, 52, 63, 86, 87]. Однако этих работах, как правило, оценивается «проницаемость» инновационных систем (национальной, региональных, корпоративных) для инноваций, прохождение последних по звеньям инновационной цепочки «генерация знаний – создание технологий – производство и продажа инновационной продукции». Т.е. в центре внимания – «вертикальный» (вдоль инновационной цепочки) трансфер инноваций из науки (прежде всего, прикладной, в которой создаются новые технологии) в промышленность, институциональные его аспекты, возможные препятствия и пути их преодоления. Что

154

касается «горизонтального», межотраслевого обмена технологиями, известны работы, в которых выполнены апостериорные статистические оценки масштабов и интенсивности этих процессов, реже – их результативности для отраслей-реципиентов, см. [20] и др. Однако в литературе отсутствуют простые методы априорной оценки, прогнозирования эффективности применения технологий в других отраслях (потенциальных реципиентах), основанные на измеримых показателях, характеризующих сами технологии и эти отрасли, их специфику (характерную структуру затрат, стоимости и длительности жизненного цикла продукции, серийность выпуска и т.п.). Такие методы позволили бы достаточно обоснованно оценить потенциал применения передовых технологий, разработанных в интересах каких-либо отраслей, в прочих отраслях, как по окончании прикладных исследований, так и на стадии их планирования.

## **7.2 Критерий и метод оценки экономической эффективности трансфера технологий**

В силу повышенных требований к авиационной технике (что и определяет возможности их применения в «менее требовательных» отраслях), как правило, технологии авиастроения являются весьма сложными и дорогостоящими, поэтому априорной целесообразности их применения в других отраслях и видах техники, как правило, нет. Следовательно, актуальна разработка простых экономико-математических моделей и методов, позволяющих оценить, спрогнозировать эффективность либо неэффективность применения технологий авиастроения – как правило, передовых по уровню совершенства, но дорогостоящих – в тех или иных отраслях-реципиентах. Это и является темой данной работы.

Согласно широко распространенному определению (см., например, [16, 17]), экономическая эффективность – это измеренное определенным образом соотношение затрат и результатов. Экономическая эффективность применения технологий, разработанных в интересах авиастроения, в других отраслях и областях техники может быть обусловлена снижением затрат на производство единицы продукции заданного качества. Причем, применительно к транспортному и энергетическому машиностроению, следует рассматривать даже не сами изделия как таковые, а конечную продукцию, производимую с их помощью, не столько товары, сколько услуги, например, транспортные, измеряемые в пассажиро- или тонно-километрах; энергию, измеряемую в кВт\*ч, и т.д. И если результаты использования изделий данной совокупности отраслей сводятся к производству некоторой конечной продукции, как правило, услуг – энергии, транспортной работы и т.п., тогда эффективность изделий (и заложенных в них технологий) может быть выражена удельными суммарными затратами на единицу конечной продукции. При трансфере передовых технологий, созданных в интересах авиастроения, в другие отрасли

транспортного и энергетического машиностроения, некоторые компоненты вышеописанных удельных затрат сократятся, а некоторые, возможно, и возрастут – тем не менее, суммарные издержки в расчете на единицу конечной продукции могут снизиться. Именно в этих случаях трансфер технологий авиастроения может быть экономически эффективным.

Для анализа возможностей эффективного применения авиационных технологий в других областях и выявления наиболее вероятных условий достижения положительного экономического эффекта трансфера технологий, можно рассмотреть упрощенную и достаточно универсальную модель удельных затрат на единицу конечной продукции, производимой с помощью изделий машиностроения. Как известно, издержки можно классифицировать различными способами – по экономическим статьям затрат, по стадиям жизненного цикла, и т.п. Здесь предлагается их классификация по стадиям жизненного цикла изделий, т.е. выделяются

классификация по стадиям жизненного цикла изделий, т.е. выделяются

- затраты на прикладные научно-исследовательские работы (НИР), направленные на создание соответствующего комплекса технологий  $C^{НИР}$  (общего, потенциально применимого в нескольких отраслях);
- затраты на опытно-конструкторские работы (ОКР) по разработке конкретных образцов (типов, моделей) продукции  $C_i^{ОКР}(m_i)$ , где  $m_i$  - модельный ряд (количество типов изделий) в  $i$ -й отрасли (области техники),  $i=1, \dots, n$ ;
- затраты на производство продукции (изделий)  $C_{ij}^{произв}(Q_{ij})$ , где  $Q_{ij}$  - объем выпуска (серийность)  $j$ -й модели изделий, выпускаемой в  $i$ -й отрасли (области техники),  $j=1, \dots, m_i$ ;
- текущие затраты на эксплуатацию изделий  $C_{ij}^{экспл.}$ .

Последние представляют собой удельные затраты на эксплуатацию  $j$ -й модели изделий, выпускаемой в  $i$ -й отрасли (области техники), в расчете на единицу продукции, производимой с помощью данных изделий – например, на километр пробега, летный час, пасс.-км или кВт\*ч, и т.п. Они включают в себя, прежде всего, прямые затраты на приобретение ресурсов, непосредственно используемых в процессе эксплуатации – различных видов сырья (например, топлива или иных энергоносителей, расходных материалов), наемного труда эксплуатационного персонала, и т.п. Поэтому их можно упрощенно представить в следующем виде:

$$C_{ij}^{экспл} = \sum_{r=1}^S g_{ij}^r \cdot p^r$$

где  $g_{ij}^r$  - удельный (в расчете на единицу продукции, производимой с помощью данных изделий) расход ресурсов вида  $r=1, \dots, s$  для  $j$ -й модели изделий, выпускаемой в  $i$ -й отрасли (области техники);

$p^r$  - цена ресурсов вида  $r=1, \dots, s$ .

Тогда суммарные затраты за весь жизненный цикл продукции рассматриваемой совокупности отраслей составят

$$C^\Sigma = C^{\text{НИР}} + \sum_{i=1}^n C_i^{\text{ОКР}}(m_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} C_{ij}^{\text{произв}}(Q_{ij}) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} Q_{ij} \cdot T_{ij} \cdot \eta_{ij} \cdot c_{ij}^{\text{экспл}}$$

где  $T_{ij}$  и  $\eta_{ij}$  - соответственно, срок службы и интенсивность использования (выраженная в количестве единиц продукции, производимой с помощью данных изделий) для  $j$ -й модели изделий, выпускаемой в  $i$ -й отрасли (области техники). Разумеется, эти показатели, как и удельные эксплуатационные затраты, имеют смысл усредненных по всему парку выпущенных изделий. Введем еще некоторые усредненные параметры:

$c_{\text{модель}}^{\text{ОКР}}$  - усредненные затраты на разработку одной модели изделий в рассматриваемой совокупности отраслей;

$c_{\text{ед}}^{\text{произв}}$  - усредненные затраты на производство одного изделия в рассматриваемой совокупности отраслей;

$c_{\text{удельн}}^{\text{экспл}}$  - усредненные удельные затраты на эксплуатацию изделий в рассматриваемой совокупности отраслей, в расчете на единицу продукции, производимой с помощью данных изделий. В свою очередь, они могут быть выражены через усредненные ресурсоемкости производства продукции с помощью данных изделий:

$$c_{\text{удельн}}^{\text{экспл}} = \sum_{r=1}^s g_{\text{средн}}^r \cdot p^r$$

Также введем усредненную интенсивность использования и срок службы изделий в рассматриваемой совокупности отраслей, соответственно,  $T$  и  $\eta$ . Усредненную численность модельного ряда в каждой отрасли обозначим  $m$ , а усредненный объем выпуска каждой модели (серийность) обозначим  $Q$ . Тогда можно следующим образом выразить средние по всей совокупности отраслей удельные затраты на единицу продукции, производимой с помощью выпускаемых ими изделий:

$$\begin{aligned} c &= \frac{C^\Sigma}{n \cdot m \cdot Q \cdot T \cdot \eta} = \frac{C^{\text{НИР}}}{n \cdot m \cdot Q \cdot T \cdot \eta} + \frac{c_{\text{модель}}^{\text{ОКР}}}{Q \cdot T \cdot \eta} + \frac{c_{\text{ед}}^{\text{произв}}}{T \cdot \eta} + c_{\text{удельн}}^{\text{экспл}} = \\ &= \frac{C^{\text{НИР}}}{n \cdot m \cdot Q \cdot T \cdot \eta} + \frac{c_{\text{модель}}^{\text{ОКР}}}{Q \cdot T \cdot \eta} + \frac{c_{\text{ед}}^{\text{произв}}}{T \cdot \eta} + \sum_{r=1}^s g_{\text{средн}}^r \cdot p^r \end{aligned}$$

В рамках данной работы это и есть основной показатель экономической эффективности изделий и заложенных в них технологий. Слагаемые в правой части полученного итогового выражения для удельных затрат на единицу конечной продукции отражают вклад в эти суммарные удельные затраты последовательно рассмотренных стадий жизненного цикла – прикладных НИР, ОКР, производства и собственно процесса эксплуатации, сопровождающегося расходом различных ресурсов. Их соотношение и выражает структуру стоимости жизненного цикла изделий, СЖЦ. Произведения в знаменателях первых трех дробей отражают распределение соответствующих стоимостей:

- производства одного изделия – на всю продукцию, выпущенную с его помощью за весь срок службы;
- разработки одной модели – на все выпущенные изделия данной модели;
- прикладных НИР – на все отрасли, использующие созданный в результате научно-технический задел, и на все модели изделий, разработанных и выпускаемых в этих отраслях.

Соответственно, даже если НИР были дорогостоящими, затраты на создание комплекса технологий могут распределяться между несколькими отраслями и множеством моделей изделий, выпускаемых в них.

Затраты на ОКР могут распределяться на все изделия соответствующей модели, что, опять-таки, наиболее существенно, если серийность выпуска отдельных моделей высока.

Производственные затраты распределяются на весь срок службы изделия и на всю продукцию, выпущенную с его помощью (например, произведенную энергию, выполненную транспортную работу). Высокая длительность и/или интенсивность эксплуатации изделий некоторых отраслей приводит к тому, что доля собственно цены в общей стоимости жизненного цикла становится малой. Как правило, даже для дорогостоящих современных гражданских воздушных судов вклад производственных затрат (интегрально выражаемых ценой воздушного судна, которая, впрочем, включает в себя также стоимости НИР, ОКР и прибыль производителей) в суммарные удельные затраты на летный час или пассажиро-километр в несколько раз ниже, чем вклад текущих эксплуатационных затрат. Цена изделия (магистрального пассажирского самолета), составляющая десятки или даже сотни млн. долл., распределяется на 40-80 тысяч летных часов, сотни миллионов пассажиро-километров, которые воздушное судно выполнит за десятки лет эксплуатации.

И лишь удельные эксплуатационные затраты (в расчете на единицу конечной продукции, производимой с помощью рассматриваемых изделий) входят в выражение для суммарных удельных затрат непосредственно, т.е. не распределяются на какие-либо объемы. Применительно к продукции авиационной техники, эти текущие затраты (т.е. затраты на эксплуатацию воздушных судов) включают в себя, помимо затрат на ГСМ, также

- затраты на оплату труда экипажа и другого эксплуатационного персонала,
- разнообразные сборы (за услуги управления воздушным движением, за услуги аэропортов и т.п.),
- затраты на техническое обслуживание и ремонт авиационной техники (в свою очередь, включающие в себя затраты на запчасти и на труд ремонтного персонала).

Рассмотрим некоторую отрасль-реципиент технологий авиационной техники. Обозначим характерные для данной отрасли параметры вышеописанной модели суммарных удельных затрат на единицу продукции индексом  $i$ :  $c_{\text{модель } i}^{\text{ОКР}}$ ,  $c_{\text{ед } i}^{\text{произв}}$ ,  $g_{\text{средн } i}^r$ ,  $m_i$ ,  $Q_i$ ,  $T_i$ ,  $\eta_i$ . Изменения этих параметров благодаря трансферу в данную отрасль технологий авиационной техники обозначим символом  $\Delta$ . Даже если отдельные составляющие затрат при переносе в данную отрасль технологий авиационной техники возрастут, общая сумма должна сократиться, т.е. должно выполняться следующее неравенство:

$$\Delta c_i = \Delta \left( \frac{c_{\text{модель } i}^{\text{ОКР}}}{Q_i \cdot T_i \cdot \eta_i} \right) + \Delta \left( \frac{c_{\text{ед } i}^{\text{произв}}}{T_i \cdot \eta_i} \right) + \sum_{r=1}^s \Delta g_{\text{средн } i}^r \cdot p^r < 0$$

В противном случае трансфер технологий авиационной техники в данную отрасль заведомо нецелесообразен. Это неравенство и является, в рамках предлагаемой здесь модели, критерием экономической эффективности трансфера технологий авиационной техники в  $i$ -ю отрасль. В принципе, благодаря применению авиационных технологий в соответствующих дробях могут меняться не только числители (т.е. стоимости разработки и производства изделий), но и параметры, входящие в знаменатели. Например, может возрасти долговечность изделий:  $\Delta T_i > 0$  и интенсивность их эксплуатации:  $\Delta \eta_i > 0$ , а благодаря снижению суммарных затрат, в конечном счете, может возрасти спрос на них и серийность выпуска:  $\Delta Q_i > 0$ . Все это может дополнительно повышать эффективность трансфера технологий, даже если стоимости исследований, разработки, производства изделий возрастут. В то же время, дороговизна авиационных технологий, как правило, ослабляет эффект от их применения в других отраслях, даже если они приносят значительную экономию, например, текущих эксплуатационных затрат.

Рассмотрим простой иллюстративный пример. Пусть в данной отрасли удельные затраты в эксплуатации изначально составляли 50% суммарных удельных затрат на единицу продукции, т.е.  $c_{удельн\ i}^{экспл} = 0,5c_i$  (для упрощения примера затраты на разработку изделия не будем рассматривать, т.е. остальные 50% суммарных удельных затрат составляли удельные затраты на производство:  $\frac{c_{ед\ i}^{произв}}{T_i \cdot \eta_i} = 0,5c_i$ ). В свою очередь, удельные эксплуатационные затраты изначально на 70% складывались из затрат на топливо, горюче-смазочные материалы (ГСМ), а на 30% - из затрат на техническое обслуживание и ремонт (ТОиР):  $c_{удельн\ i}^{ГСМ} = 0,7c_{удельн\ i}^{экспл}$ ;  $c_{удельн\ i}^{ТОиР} = 0,3c_{удельн\ i}^{экспл}$ . Предположим, что благодаря трансферу авиационных технологий удалось значительно, на 30%, снизить расход топлива:  $\Delta c_{удельн\ i}^{ГСМ} = -0,3c_{удельн\ i}^{ГСМ}$ , однако это привело к удорожанию производства изделий и их ремонта на 10%:  $\Delta c_{ед\ i}^{произв} = 0,1c_{ед\ i}^{произв}$ ;  $\Delta c_{удельн\ i}^{ТОиР} = 0,1c_{удельн\ i}^{ТОиР}$ . На первый взгляд, эти приросты невелики, а сокращение расхода топлива значимо, тем более что «удельный вес» топливных затрат в общей сумме затрат на единицу продукции очень высок. Однако итоговый эффект трансфера таких технологий оказывается небольшим:

$$\frac{\Delta c_i}{c_i} = \frac{\Delta \left( \frac{c_{ед\ i}^{произв}}{T_i \cdot \eta_i} \right) + \Delta c_{удельн\ i}^{ТОиР} + \Delta c_{удельн\ i}^{ГСМ}}{c_i} = \frac{1,1 \cdot 0,5c_i + (0,7 \cdot 0,7 + 1,1 \cdot 0,3) \cdot 0,5c_i}{c_i} = 0,96,$$

т.е. суммарные удельные затраты сократились на 4% - что, впрочем, не так и мало по меркам многих отраслей, однако и не так много, как можно было ожидать, основываясь на значительной экономии ГСМ и большом удельном весе соответствующих затрат.

Остается рассмотреть поведение различных слагаемых приведенной в итоговой формуле суммы удельных затрат на единицу продукции при трансфере авиационных технологий в другие отрасли промышленности и экономики. При этом следует обращать особое внимание на изменение знаменателей дробей, содержащихся в правой части итоговой формулы для удельных затрат. Если в результате трансфера технологий авиационной промышленности в прочие отрасли меняются средние (по совокупности отраслей, где применяются соответствующие технологии) значения соответствующих параметров, то слагаемые удельных затрат распределяются на большие или меньшие

- количества разрабатываемых моделей,
- объемы выпуска изделий,
- «объемы» их применения, т.е. объемы конечной продукции, произведенной с их помощью.



Эти изменения и позволят оценить эффективность (либо, наоборот, выявить нецелесообразность) трансфера тех или иных технологий авиастроения в другие отрасли машиностроения.

### 7.3 Анализ специфики гражданского авиастроения как «донора» новых технологий

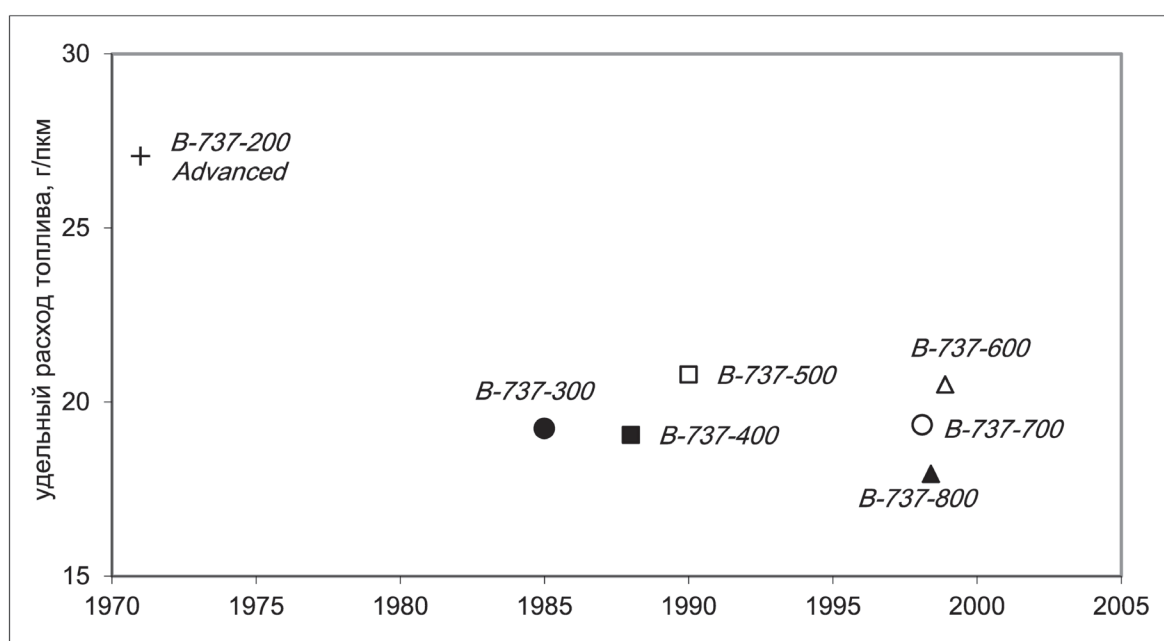
Целесообразно провести экономический анализ особенностей технологий авиастроения. Они развивались исторически и развиваются сейчас именно в соответствии со специфическими целями развития авиастроения и авиации, которые могут сильно отличаться от целей развития иных отраслей. Как правило, структура СЖЦ, т.е. соотношение различных составляющих рассмотренных выше удельных затрат, определяет и приоритетные направления повышения экономической эффективности продукции отрасли. Если генеральная задача состоит в удешевлении продукции при заданном уровне ее качества, тогда в первую очередь целесообразно стремиться к снижению наиболее весомых компонент удельных затрат. В силу отмеченной выше особенности структуры СЖЦ авиационной техники, т.е. преобладания затрат на этапе эксплуатации, усилия ученых и инженеров на протяжении нескольких десятилетий научно-технологического развития гражданского авиастроения были направлены, главным образом, на сокращение удельных затрат, непосредственно связанных с процессом эксплуатации и потреблением ресурсов. Поэтому, в свою очередь, прежде всего усилия ученых и инженеров были нацелены на сокращение удельного расхода ГСМ. Однако необходимые для этого технические решения почти наверняка приводят к удорожанию изделий в производстве. Причем, хотя в определенный период резко возросли также долговечность изделий авиастроения (в основном, благодаря переходу к т.н. эксплуатации по техническому состоянию [81]) и интенсивность их эксплуатации, что привело к снижению отношения  $\frac{c_{\text{ед}}^{\text{произв}}}{T \cdot \eta}$

но в дальнейшем это слагаемое лишь возрастало, с ростом цены изделий (поскольку знаменатель уже не рос так быстро). Однако это оправдывалось в авиастроении сокращением текущих затрат на ГСМ, тем более, что они дорожали, особенно бурно – на протяжении 2000-х гг. На рис. 7.1 и 7.2<sup>15</sup> представлены значения удельного расхода топлива и амортизационных затрат (в расчете на пассажиро-километр) среднемагистральных пассажирских самолетов семейства Boeing-737 (США), разработанных на протяжении 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 мо-

---

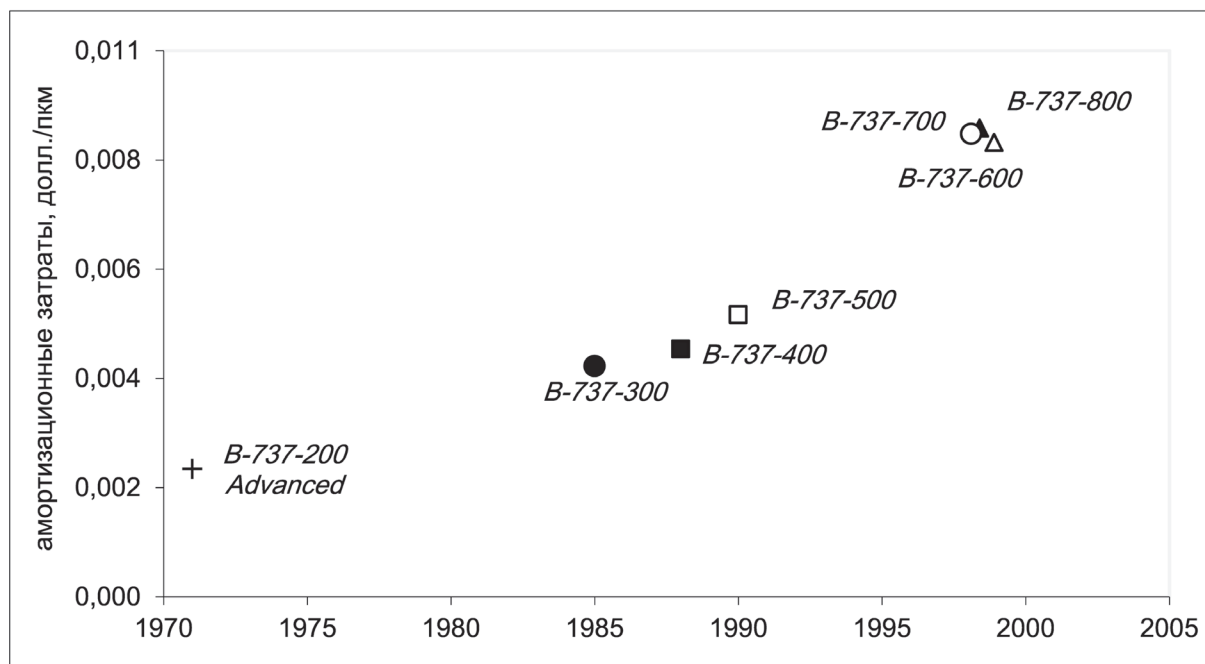
<sup>15</sup> Графики построены на основании данных производителя в монографии [41].

дификацией 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 (из эксплуатируемых в настоящее время) поколение, 737 Next Generation, включающее в себя модификации 737-600, -700 и -800, предлагается заказчикам с конца 1990-х гг.<sup>16</sup> Амортизационные затраты в данном случае характеризуют стоимость изделий авиационной техники, а их динамика косвенно характеризует затраты на разработку и производство новых типов изделий. Видно, что удельный расход топлива снижается убывающим темпом, а темп роста соответствующей ставки амортизационных затрат, напротив, увеличивается, что свидетельствует о достижении пределов совершенствования современных авиастроительных технологий.



**Рисунок 7.1** Динамика изменения удельного расхода топлива самолетов семейства Boeing-737

<sup>16</sup> В 2017 г. уже вышло на рынки новое, 4-е поколение данного семейства, Boeing-737 MAX. Однако в 2019 г. после серии катастроф, вызванных недоработками программного обеспечения системы управления, их эксплуатация была приостановлена. Это привело к значительным потерям для корпорации Boeing, которые даже стали заметными в масштабах всей экономики США. История данной программы – еще одно свидетельство необходимости системного управления созданием новой продукции, тщательной отработкой всего необходимого для разработки научно-технического задела.



**Рисунок 7.2** Динамика изменения ставки амортизационных затрат самолетов семейства Boeing-737

Также технологические инновации в авиастроении были направлены на снижение удельных затрат квалифицированного труда в эксплуатации – прежде всего, трудозатрат экипажей, за счет сокращения их потребной численности благодаря автоматизации управления движением воздушных судов и работой их систем. На большинстве современных гражданских самолетов (включая наиболее крупные, такие как А-380, имеющий пассажироместимость 550-800 человек) используется двучленный экипаж, причем, командир и второй пилот взаимозаменяемы, имеют идентичные органы управления, теоретически способны в одиночку пилотировать самолет, и лишь дублируют друг друга по соображениям безопасности. Также, благодаря повышению надежности авиационной техники и совершенствованию технологий и организации ее технического обслуживания и ремонта (ТО и Р), многократно снизилась удельная трудоемкость ТО и Р в расчете на летный час. Ряд технологических инноваций позволил сократить также потребность в дорогостоящих услугах инфраструктуры, что экономически выражается в снижении сумм аэропортовых сборов, сборов за услуги управления воздушным движением и др.

Таким образом, наиболее передовые технологии авиастроения позволяют сокращать, в первую очередь, удельные эксплуатационные затраты, потребность в расходовании различных ресурсов – ГСМ, квалифицированного труда, услуг различных видов инфраструктуры – ценой повышения всех или части прочих слагаемых – стоимости НИР, ОКР, себестоимости

производства изделий. Понимание этого качественного факта позволяет корректно предсказать наиболее эффективные направления трансфера технологий авиастроения в другие отрасли, а также достоверно указать те направления, в которых такой трансфер будет заведомо неэффективным.

Итак, технологии авиастроения изначально были направлены на экономию ресурсов в эксплуатации, достигаемой ценой

- удорожания производства изделий;
- удорожания исследований и разработок.

Рассмотрим целесообразность трансфера таких технологий в прочие отрасли машиностроения. Если снижение текущих эксплуатационных затрат и ресурсоемкости эксплуатации в авиастроении достигнуто, преимущественно, за счет повышения стоимости производства изделий, сложно рассчитывать на успешный трансфер соответствующих технологий в какие-либо иные отрасли транспортного и энергетического машиностроения. Этот вывод вытекает из итоговой формулы для удельных суммарных затрат. Видно, что в ней соответствующая величина,  $c_{ед}^{произв}$ , не распределяется на количество выпускаемых изделий – она распределяется лишь на суммарный «объем» их эксплуатации (соответствующее слагаемое имеет вид  $\frac{c_{ед}^{произв}}{T \cdot \eta}$ ).

Возможен ли (и при каких условиях) его значительный прирост при трансфере технологий авиастроения в прочие отрасли транспортного и энергетического машиностроения?

Как видно из полученной формулы, удельные затраты, связанные с производством, будут ниже, если растет средняя долговечность изделий и средняя интенсивность их эксплуатации. Так, например, трансфер производственных технологий и материалов (даже весьма дорогостоящих) из ракетно-космической промышленности, для которой характерен разовый характер использования многих изделий, в отрасли с длительной и интенсивной эксплуатацией изделий – такие как авиастроение – многократно повышает общий «объем применения» этих технологий – в данном случае, объем продукции (например, транспортных услуг), производимой с помощью изделий данной совокупности отраслей, и, соответственно, снижает удельные затраты, связанные с производством изделий. В то же время само авиастроение на фоне прочих отраслей транспортного машиностроения относится к лидерам по интенсивности эксплуатации. Характерный годовой налет среднемагистральных воздушных судов в успешных авиакомпаниях достигает 3000-4000 л.ч./г, а дальнемагистральных – до 5000-5500 л.ч./г, что уже близко к теоретическому пределу, т.е. годовому календарному фон-

ду времени<sup>17</sup>. Характерная длительность коммерческой эксплуатации гражданских воздушных судов (20-30 и более лет) также делает авиастроение отраслью-рекордсменом по «объему применения» изделий, наряду с судостроением. При этом, с учетом существенно более высокой скорости движения воздушных судов, они становятся безусловными лидерами по объему транспортной работы за жизненный цикл среди всех видов транспортных средств. Поэтому не следует рассчитывать на значительный прирост средней по совокупности отраслей величины произведения ( $T \cdot \eta$ ) при трансфере технологий авиастроения в прочие отрасли транспортного машиностроения. Соответственно, распределение стоимости производства изделия на большой объем «единиц эксплуатации» маловероятно при трансфере технологий авиастроения в любые возможные отрасли. Поэтому, даже если соответствующая технология оказалась экономически эффективной в авиастроении, поскольку позволила сэкономить дорогостоящие ресурсы в эксплуатации ценой удорожания производства самих изделий – весьма возможно, что она не будет эффективной в прочих отраслях, для которых снижение ресурсоемкости эксплуатации не столь критично.

Характерный пример – легкие и прочные конструкционные материалы (полимерно-композитные материалы, ПКМ, а также легкие металлы и сплавы, включая титан, магниевые сплавы и т.п.), используемые в авиастроении для повышения весового совершенства авиационной техники. Они являются весьма дорогостоящими именно в расчете на одно изделие, повышая стоимость его производства. Но если в авиастроении повышение весового совершенства конструкции позволяет значимо сократить расход ГСМ, то в автомобилестроении, в железнодорожной технике и т.п. наземных видах транспорта (тем более, на водном транспорте), его роль даже в снижении удельного расхода энергии на движение уже невелика (при этом, в свою очередь, далеко не во всех отраслях топливно-энергетические затраты столь же критичны, как в авиации). Здесь уже играют роль физические факторы, определяющие вклад весового совершенства в снижение эксплуатационных затрат. В отличие от летательных аппаратов, автомобили и поезда движутся, опираясь на земную поверхность (а суда – на воду), опора воспринимает их вес. Сопротивление движению обусловлено, в основном, трением качения, а при высоких скоростях, порядка 100 км/ч и выше – главным образом,

---

<sup>17</sup> В энергетическом машиностроении встречается даже более интенсивный режим эксплуатации изделий – например, наземные газотурбинные установки (ГТУ) в энергетике и в трубопроводном транспорте нередко работают почти круглосуточно и круглогодично. Причем, в отличие от авиационных газотурбинных двигателей (ГТД), которые все-таки останавливаются в перерыве между рейсами, т.е. непрерывно работают лишь до 10-15, реже 17-20 ч, наземные ГТУ нередко непрерывно работают в течение многих недель и даже месяцев. Это диктует специфические требования к их конструкции и используемым материалам, которые нехарактерны для авиации.

аэродинамическим сопротивлением воздуха (для судов также – гидродинамическим сопротивлением воды).

Таким образом, вряд ли будет эффективным трансфер в другие отрасли технологий авиастроения, которые позволяют экономить ресурсы в эксплуатации ценой удорожания производства изделий. Впрочем, себестоимость производства складывается, в основном, из двух слагаемых: материальных затрат и затрат на оплату труда производственных рабочих. И в некоторых случаях второе слагаемое может существенно сократиться при трансфере авиационных технологий в некоторые отрасли – а конкретнее, в те, для которых характерна гораздо большая серийность выпуска изделий, чем для авиастроения. При этом возможно проявление *эффекта обучения в производстве*, см. [83, 89]. Он приводит к сокращению удельной трудоемкости, и, следовательно, затрат на оплату труда в расчете на единицу продукции при увеличении накопленного объема выпуска (иначе говоря, накопленного опыта производства)<sup>18</sup>. Также при трансфере авиационных технологий в прочие отрасли возможны качественные изменения характера производства – от штучного или мелкосерийного, характерного для авиастроения (в силу чего в нем преобладает ручной труд, низкая степень механизации и автоматизации производства) к крупносерийному или массовому, характерному, например, для автомобилестроения. В таких отраслях уже становятся рентабельными глубокая механизация, автоматизация, роботизация производства. Это также может привести к значительному удешевлению производства изделий. Поэтому следует оценивать возможные изменения себестоимости производства изделий, созданных на базе авиационных технологий, при повышении степени механизации и автоматизации производственных процессов. В ряде случаев при этом действительно открываются резервы значительного удешевления изделий. Но это возможно, во-первых, при трансфере технологий в отрасли с гораздо большей серийностью выпуска изделий – например, в автомобилестроение. Во-вторых, описанный здесь эффект будет значим лишь в том случае, если дороговизна производства изделий авиастроения была обусловлена, главным образом, высокой трудоемкостью, а не дороговизной материалов.

Как правило, достижение высоких показателей экономичности, безопасности, экологичности эксплуатации изделий авиационной техники требует применения сложных и дорогостоящих методов и средств проектирования изделий. И если это оправдано в авиастроении, где стоимость ОКР распределяется на сравнительно небольшой объем выпуска (порядка нескольких сотен или тысяч), то в отраслях с серийностью, большей на порядок или

---

<sup>18</sup> В меньшей степени, но также возможно снижение удельных материальных затрат благодаря снижению непроизводительных потерь сырья и материалов.

несколько порядков, таких как автомобилестроение, применение аналогичных технологий проектирования почти наверняка окажется экономически целесообразным. Подчеркнем, что в формуле суммарных удельных затрат стоимость разработки модели распределялась, в т.ч., и на объем ее выпуска ( $\frac{c_{\text{модель}}^{\text{ОКР}}}{Q \cdot T \cdot \eta}$ ). В связи с этим, почти заведомо эффективен трансфер технологий проектирования изделий авиастроения в прочие отрасли транспортного и энергетического машиностроения, что и имеет место в реальности. Авиастроительные компании выступали пионерами в применении программных средств автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства, CAD/CAM. Далее практически те же программные пакеты, после соответствующей адаптации, применяются в автомобилестроении, железнодорожном, энергетическом машиностроении и т.п.

Но наиболее перспективен, исходя из полученной итоговой формулы, трансфер в прочие отрасли машиностроения тех авиационных технологий, которые сокращают стоимость и ресурсоемкость эксплуатации за счет повышения собственно затрат на НИР, без удорожания производства изделий. Прежде всего, может быть эффективным использование в прочих отраслях методов и средств повышения аэродинамического и весового совершенства изделий за счет передовых достижений аэродинамики, теории прочности, математических моделей и компьютерных программ для аэродинамических и прочностных расчетов. Отмеченный выше факт, что сопротивление движению скоростных наземных и водных транспортных средств, в основном, обусловлено аэродинамическими силами, подсказывает возможное перспективное направление трансфера технологий авиастроения в соответствующие отрасли машиностроения. Представляется выгодным (и уже активно реализуется на практике) использование отработанных в авиастроении методов снижения аэродинамического сопротивления, обтекаемых форм, а также методов и средств самих аэродинамических исследований и проектирования – начиная с методов вычислительной аэродинамики, и заканчивая использованием «авиационных» аэродинамических труб для проведения исследований и испытаний автомобилей и поездов. И даже если повышение весового совершенства наземных транспортных средств не столь значимо, как для авиационной техники (что обосновано выше физическими соображениями), оно все равно может быть целесообразным, если достигается относительно недорого, в расчете на единицу продукции, путем<sup>19</sup>. К таковым и относится использование развитых в интересах авиастроения методов прочностных расчетов (как правило, основанных на

---

<sup>19</sup> Тем более что нередко возможно, за счет более рационального обеспечения прочности конструкции, снизить ее массу и материалоемкость. В таком случае даже возможна непосредственная экономия материальных затрат при производстве.

методе конечных элементов) – как статических, так и динамических, в автомобилестроении, железнодорожной технике и т.д. Причем, в этих отраслях методы, развитые в интересах авиастроения, нередко используются для решения специфических задач – например, методы и программные средства динамических прочностных расчетов используются для моделирования автомобильных аварий, проведения «виртуальных краш-тестов».

Аналогичный трансфер наблюдается в части технологий моделирования и оптимального проектирования тепловых двигателей и их рабочих процессов, на базе теорий, моделей и пакетов моделирования горения и теплообмена. Также передаются в другие отрасли машиностроения отработанные в авиации передовые системотехнические решения в области авионики, такие как ее модульная архитектура, алгоритмы управления и конструктивные решения в сфере систем управления – начиная от эргономики кабин, визуализации приборной информации (например, индикация на лобовом стекле), методов моделирования и оптимизации человеко-машинного взаимодействия, и заканчивая новыми видами исполнительных механизмов (гидравлических, электромеханических и др.) в системах управления. Так, технологии, отработанные в гидравлических приводах авиационных систем управления, далее были применены в автоматизированной гидропневматической подвеске некоторых автомобилей («Ситроен» и др.), которая одновременно обеспечивает и высокую плавность хода, в т.ч. на плохой дороге, и высокую устойчивость и управляемость автомобиля на высоких скоростях, что достижимо лишь при адаптивности подвески, активном принципе действия ее упругих элементов. Они становятся более «мягкими» или «жесткими» в зависимости от того, что именно требуется в конкретных условиях, причем, это определяется быстродействующей интеллектуальной системой управления, также основанной на авиационных технологиях.

Особо важно подчеркнуть, что во всех этих примерах возможно практически «бесплатное» применение авиационных технологий в прочих отраслях, не требующее существенного удорожания производства каждого экземпляра изделий. Причина в том, что наиболее значительные затраты были понесены на сам поиск, отработку и интеграцию соответствующих идей и решений, но их «серийное» применение уже не требует высоких дополнительных затрат. Как правило, произвести – из тех же материалов – более обтекаемую конструкцию, или конструкцию, более сбалансированную с точки зрения напряжений в ее элементах (и в итоге более прочную) – не сложнее и не дороже, чем менее рациональную.

Наибольший эффект принесет распределение затрат на НИР на большие объемы выпуска изделий, т.е. при трансфере технологий в отрасли с высокой серийностью производства. В области транспортного машиностроения



наиболее перспективен трансфер технологий, разработанных в интересах авиастроения, где характерная серийность выпуска конкретных моделей самолетов и вертолетов редко превосходит сотни и достигает нескольких тысяч за жизненный цикл, в автомобилестроение, для которого характерна серийность порядка сотен тысяч и даже миллионов изделий.

Поскольку затраты на НИР, на создание единого комплекса технологий, распределяются также и на все отрасли-реципиенты, и на все модельные ряды этих отраслей (соответствующее слагаемое имеет вид  $\frac{C^{\text{НИР}}}{n \cdot m \cdot Q \cdot T \cdot \eta}$ ), наиболее эффективен трансфер таких технологий в интересах широкого круга отраслей, имеющих обширные модельные ряды изделий. Причем, нередко дополнительные затраты на НИР могут способствовать и снижению стоимости ОКР. Это характерно, прежде всего,

- для разработки новых, более адекватных реальности теорий в различных областях прикладной науки (аэродинамике, теории прочности материалов и конструкций, теории горения и теплообмена, теории систем управления и т.п.), позволяющих сократить потребные объемы расчетов и испытаний при проектировании конкретных изделий;
- для разработки пакетов компьютерных расчетных программ, которые нередко изначально создавались как исследовательские, но, по мере накопления опыта их применения, по мере повышения достоверности расчетов и удобства интерфейса, переходили в разряд инженерных.

## Глава 8. Межотраслевая интеграция исследований и разработок

Межотраслевая интеграция исследований и разработок означает их проведение в интересах не каждой отрасли промышленности в отдельности, а целой совокупности, комплекса технологически близких отраслей. Даже если современные методы управления созданием НТЗ, описанные выше, в главах 2, 3, 4, 6 будут успешно внедрены в различных отраслях высокотехнологичной промышленности, ресурсов государства и предприятий может быть недостаточно для успешного создания НТЗ по всему «фронту» отраслей, областей техники и необходимых им технологий. Межотраслевая интеграция прикладных исследований и разработок позволяет сконцентрировать ресурсы (тем более, что в нашей стране они сильно ограничены ввиду малого масштаба экономики), а также оперативно воспользоваться новыми технологиями (как только они будут разработаны хоть где-либо) в разных областях техники. Концентрация ресурсов и централизованное проведение опережающих исследований повышает шансы на достижение временного лидерства. Если продолжать изолированную разработку технологий в интересах отдельных отраслей, крайне низкие ресурсные возможности ограничивают поиск новых решений единственным направлением в каждой отрасли, но выбранное направление может оказаться неоптимальным (тем более, что при выборе приоритетов неизбежен волюнтаризм) или даже тупиковым.

Межотраслевая интеграция прикладных исследований и разработок может стать «уравнивающей шансы» организационной инновацией, компенсирующей меньшие масштабы нашей страны и меньшую оперативность внедрения новых технологий. Формальное обоснование этой гипотезы можно получить, рассматривая математические модели временной конкуренции, а конкретнее, модели стоимости и длительности исследований и разработок [34, 68]. Их качественные свойства таковы, что масштаб системы оказывает наибольшее влияние на удельную стоимость и ожидаемую длительность исследований и разработок при очень малых масштабах. Разумеется, и при объединении ресурсов разных отраслей наша страна продолжит уступать в несколько раз глобальным лидерам по количеству возможных направлений поиска (что влияет на сроки и риски создания новых технологий), а также по объемам продукции, на которые распределяется стоимость разработки технологий. Однако этот проигрыш при переходе, условно говоря, от 10 к 1 существенно сильнее, чем при переходе от 100 к 10. Консолидация ресурсов нескольких отраслей, централизованная разработка технологий в интересах нескольких областей техники и позволяет России в этом условном примере увеличить масштабы с 1 до 10, уйдя из области критически малых масштабов. Таким образом, межотраслевая интеграция исследований и разработок

– одна из главных составляющих «асимметричного ответа» России на глобальные вызовы ее конкурентоспособности, безопасности и суверенитету.

## **8.1 Виды и потенциальные эффекты межотраслевой интеграция исследований и разработок**

Опишем основные виды межотраслевой интеграции исследований и разработок, и соответствующие им полезные эффекты.

### **1) Совместная разработка общих, «сквозных» технологий**

Возможна совместная разработка т.н. «сквозных» технологий, применимых, пусть и после некоторой адаптации, в интересах сразу нескольких отраслей промышленности и областей техники. Эта возможность, а также объем необходимой адаптации, определяются степенью технологической общности соответствующих изделий и производств.

При совместной разработке «сквозных» технологий соответствующие затраты на прикладные НИР распределяются между несколькими отраслями промышленности, в т.ч. и такими, для которых характерна высокая серийность выпуска продукции. Благодаря этому удельные затраты на исследования и разработки, приходящиеся на единицу продукции, существенно снижаются. Например, 1 млрд. ден. ед., затраченный на разработку новой технологии в авиации, при распределении на 1000 самолетов даст прирост к цене самолета в 1 млн. ден. ед. Если же эти разработки будут применены в автомобилестроении, где характерная серийность составляет порядка 1 млн. изделий, то прибавка к цене одного изделия будет уже около только 1000 ден. ед.

Кроме того, появляется возможность ускорения отдачи от внедрения технологий за счет постепенного повышения их сложности, и снижения рисков прорывных разработок. Если «сквозная» технология разрабатывается в интересах отрасли, предъявляющей наиболее жесткие требования к уровню совершенства изделий, высок риск их невыполнения в заданные сроки. Однако при постепенном совершенствовании этой «сквозной» технологии она может последовательно внедряться в других, менее «требовательных» отраслях. Это позволяет снизить риски реализации амбициозного прорывного проекта; уже в ходе его реализации получать положительный эффект; при необходимости – гибко принимать решения о прекращении разработок с ненулевым результатом (реализуя принцип *реальных опционов*, подробнее см. [6]).

Например, если ставится задача разработки технологий безопасного автоматизированного управления движением транспортного средства, а также бесконфликтного управления движением их совокупности (коллективных действий), наиболее требовательной отраслью может оказаться, вопреки

стереотипам, не авиастроение, а именно автомобилестроение. Это вызвано наибольшей плотностью и стохастичностью автодорожного трафика, по сравнению с авиацией, водным транспортом и т.п., наибольшей неопределенностью среды, в которой происходит движение автомобильных транспортных средств. Поэтому автоматизация управления автомобилями и дорожным движением в целом – наиболее амбициозная задача. Но в процессе ее решения могут быть созданы технологии безопасного автоматического управления полетом ЛА и бесконфликтного управления воздушным движением, аналогичные технологии в судовождении и т.д.

## **2) Совместное использование исследовательских компетенций, методов и средств исследований**

По меньшей мере, возможно совместное использование и развитие исследовательских компетенций, т.е. экспериментальной базы, а также квалифицированных кадров и коллективов ученых и инженеров, занятых в разработке новых технологий. Несмотря на то, что каждая отрасль может предъявлять весьма специфические требования к методам и средствам исследований, характеристикам испытательного оборудования, различные области прикладной науки могут обладать технологической общностью, что позволяет им совместно использовать общие научные компетенции и объекты экспериментальной базы.

Так, например, возможно (и уже практикуется) совместное использование созданных в авиастроении прочностных стендов в интересах автомобилестроения, железнодорожного транспорта (в т.ч. высокоскоростного), в интересах создания некоторых классов кораблей и судов. Для аэродинамических испытаний автомобильной и железнодорожной техники, надстроек кораблей и судов вполне могут использоваться – и в реальности используются – аэродинамические трубы, созданные в интересах авиастроения (подробнее см. [13, 24]). Помимо изделий транспортного и космического машиностроения, эти установки успешно применяются для испытаний элементов путевой инфраструктуры, моделей строительных конструкций, зданий и сооружений<sup>20</sup>. Опытные бассейны, имеющиеся в судостроении [26], могут применяться в авиастроении для исследований перспективных гидросамолетов, многосредных аппаратов (экранолетов, экранопланов и др.), а также для испытаний сухопутных ЛА на аварийное приводнение. Это потребует их оснащения некоторым дополнительным измерительным и испытательным оборудованием, но наиболее дорогостоящей является именно общая основа. Поэтому исключение ее дублирования может принести существенную экономию. Фактически, соответствующие центры компетенций и экспериментальные установки должны функционировать в режиме т.н. *цен-*

---

<sup>20</sup> Заметим, вообще не относящихся к транспортным и космическим системам, т.е. межотраслевая интеграция может выходить и за рамки совокупности отраслей, объединенных общим целевым назначением.

тров коллективного пользования, ЦКП (подробнее см. [49, 58]).

Помимо экономии средств, объединение компетенций различных отраслей может ускорить создание технологий, необходимых в одних отраслях, за счет обмена разработками с другими отраслями, у которых необходимые технологии уже могут быть в наличии. Так, в авиастроении, в силу особо жестких требований к весовому совершенству и энергетической эффективности, компактности конструкций, всегда уделялось особое внимание комплексированию бортового оборудования. Различные системы (радиоэлектронного оборудования, вооружения, жизнеобеспечения летательных аппаратов и др.) формировались в составе единого комплекса, чтобы, во-первых, исключить непродуктивное дублирование их энергообеспечения, поддержания тепловых режимов и т.п. Во-вторых, повышается общая надежность комплекса, поскольку, например, разные системы могут использовать информацию от нескольких дублирующих датчиков, но общих для всего борта. В-третьих, изначально обеспечивается электромагнитная (а также компоновочная, при необходимости – аэродинамическая и т.п.) совместимость всех систем, достаточность энергообеспечения и др. Комплексирование бортового оборудования летательных аппаратов традиционно является одной из главных задач Государственного НИИ авиационных систем (ФГУП «ГосНИИАС»). Однако в большинстве отраслей отечественного машиностроения, в т.ч. высокотехнологичного, исторически таких компетенций не создавалось. Структура оборудования и систем транспортных средств (особенно крупных – кораблей и судов) остается преимущественно *федеративной*, т.е. каждая из сотен и тысяч систем обладает автономным энерго-, теплообеспечением, управлением, информационным обеспечением и т.п., что приводит к избыточной массе, стоимости, габаритам, энергопотреблению всей совокупности этих систем, при относительно низкой надежности. Нередко они оказываются несовместимыми, конфликтными и даже практически неработоспособными. Поэтому может быть целесообразным трансфер более передовых методов и принципов комплексирования бортового оборудования, развитых в авиастроении, в прочие области транспортной техники и другой сложной продукции машиностроения.

### **3) Создание качественно новых изделий и технологий на стыке традиционных отраслей и научных дисциплин**

Возможности достижения технологических прорывов в рамках сложившихся областей техники и научных направлений во многих отраслях практически исчерпаны. Иногда решение масштабных проблем, создание прорывных технологий возможно лишь на стыке отраслей и областей техники.

Например, может оказаться целесообразным создание многосредних воз-

душно-космических летательных аппаратов, что потребует объединения компетенций авиастроения и ракетно-космической промышленности<sup>21</sup>.

Иной пример: во многих областях техники может быть целесообразным применение технических решений, отработанных в живой природе. Их изучение и развитие обеспечивает бионика – дисциплина на стыке биологии и различных областей техники. Приведем лишь некоторые примеры. Для создания легких и прочных конструкций транспортных средств, путевых сооружений, строительных конструкций и т.п. может быть целесообразно применение сетчатых пространственных конструктивно-силовых схем, встречающихся в скелетах птиц, у некоторых растений и т.п. Революционные улучшения в части надежности машин возможны при использовании природных принципов регенерирующих, самовосстанавливающихся конструкций. Значительные резервы снижения сопротивления среды (воздушной, водной) обеспечивает применение специфической (вопреки стереотипам, отнюдь не гладкой) микроструктуры поверхности, характерной для птиц, акул и т.п.

Таким образом, межотраслевая и междисциплинарная интеграция прикладных исследований и разработок может принести эффект

- как в виде экономии затрат (на сами исследования и разработки и/или на поддержание необходимых компетенций) благодаря сокращению их дублирования,
- так и в виде лучших результатов благодаря синтезу компетенций.

В то же время, межотраслевая интеграция прикладных исследований и разработок требует значительных организационных изменений. Несмотря на исчезновение в России понятия отрасли как объекта управления и даже статистического наблюдения, в основном, российская высокотехнологичная промышленность, сохранившаяся прикладная наука и органы государственного управления сформированы именно по отраслевому принципу, унаследованному от советской экономики<sup>22</sup>. В силу ведомственной разобщенности, нередко в отдельных отраслях создавались передовые технологии, потенциально применимые и в других отраслях и областях техники. Однако из-за информационных барьеров специалисты отраслей-«реципиентов» иногда не располагают нужной информацией.

Нередко, даже при наличии необходимой информации о «родственных»

---

<sup>21</sup> И если в отечественной истории эти отрасли изначально были разобщены, то в ведущих зарубежных аэрокосмических державах формально они развивались как интегрированные (см. устоявшийся термин Aerospace Industry). Тем не менее, и за рубежом тесное объединение компетенций именно для создания воздушно-космических систем также еще не произошло в полной мере.

<sup>22</sup> Весьма успешно справившейся с историческими вызовами на определенном этапе развития, а именно, при переходе к индустриальному обществу.

исследованиях и разработках в других отраслях, не используются возможности объединения тематики НИР, разработки общих «сквозных» технологий, поскольку каждая отрасль располагает самостоятельными научными и конструкторскими организациями. Преследуя корпоративные и ведомственные интересы, руководители этих организаций и отраслевых интегрированных структур заинтересованы в максимизации объемов проводимых в них научно-исследовательских работ и численности коллективов, в создании и расширении самостоятельной, независимой от прочих отраслей, экспериментальной базы. Такие решения противоречат общегосударственным интересам, особенно в условиях ужесточения бюджетных ограничений (следует подчеркнуть, что именно государственный бюджет остается основным источником средств для выполнения исследований и разработок, развития научной базы большинства отраслей).

Таким образом, планирование совместных, межотраслевых (межвидовых, и т.п.) исследований и разработок, координация действий различных организаций прикладной науки и высокотехнологичной промышленности, согласование их интересов, оптимальное использование их компетенций в рамках совместных проектов представляют собой масштабные и не решенные до конца управленческие проблемы, особенно с учетом российской страновой специфики. Т.е. даже при наличии положительного ожидаемого эффекта, высоки риски реализации любого проекта межотраслевой интеграции прикладных исследований и разработок. Поэтому решения об интеграции прикладных исследований и разработок в различных отраслях и видах техники следует принимать на основе объективного технико-экономического анализа их эффективности. И только в тех случаях, когда ожидается высокая, значимая эффективность межотраслевой интеграции, ее следует добиваться, принимая необходимые государственные решения, создавая межотраслевые научно-исследовательские и технологические центры, реорганизуя сложившиеся структуры в области исследований и разработок, преодолевая описанное выше институциональное сопротивление.

Следует подчеркнуть, что основной стратегический документ в области развития науки и технологий в России – Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации на долгосрочный период, принятая Указом Президента РФ № 642 от 01 декабря 2016 г. (СНТР, подробнее см. [72]) – носит принципиально межотраслевой характер. В ее основе лежит понятие «*больших вызовов*», т.е. масштабных и жизненно важных для страны проблем, которые невозможно решить лишь экстенсивным путем. И все эти вызовы требуют согласованной работы многих отраслей. Так, например, следующий «*большой вызов*»:

*«потребность в хозяйственном освоении территории страны, преодолении*

*ние диспропорций социально-экономического развития регионов и раскрытие их потенциала, укрепление позиций России в области экономического, научного и военного освоения космического и воздушного пространства, Мирового океана, Арктики и Антарктики»*

требует разработки новых технологий во всех отраслях транспортного машиностроения – авиастроения, судостроения, автомобилестроения, железнодорожного машиностроения, а также в ракетно-космической промышленности, в области средств связи, мониторинга и прогнозирования природно-климатических процессов, и т.п. Причем, вероятнее всего, потребуются не только согласование, увязка стратегий их технологического развития, но и создание принципиально новых транспортных, информационно-коммуникационных и др. систем на стыке отраслей и областей техники.

Предлагаемый здесь методологический подход к оценке, точнее, априорному прогнозированию эффективности межотраслевой интеграции исследований и разработок, будет описан на примере транспортных и космических систем. Это – характерные примеры наукоемких и высокотехнологичных<sup>23</sup> областей техники, включающие в себя авиационную, ракетно-космическую, морскую, автомобильную и железнодорожную. Эти виды техники составляют основу транспорта, различных систем вооружений и др. Исследования и разработки новых технологий в интересах транспортных и космических систем требуют привлечения передовых достижений широкого спектра научных дисциплин, дорогостоящей и сложной экспериментальной базы, и т.п., подробнее см. [13, 24]. Поэтому повышение эффективности прикладных НИР в интересах этих видов техники весьма актуально. В т.ч. весьма перспективной представляется межотраслевая интеграция разработки новых технологий для развития транспортных и космических систем.

## **8.2 Проблемы оценки технологической общности видов техники, выделения отраслей-лидеров и отраслей-реципиентов технологий**

Содержательные основания для интеграции исследований и разработок по созданию новых технологий дает технологическая общность отраслей и секторов экономики, видов техники, соответствующих областей прикладной науки. В свою очередь, общность технологий обусловлена общностью физических, химических и др. процессов производства и эксплуатации продукции. Именно благо-

---

<sup>23</sup> По международной классификации некоторые виды техники из этой категории относятся к среднетехнологичным, например, автомобильная техника и железнодорожная, за исключением высокоскоростного подвижного состава. Также некоторые отрасли транспортного машиностроения с высокой серийностью выпуска – прежде всего, автомобилестроение – не подпадают под статистическое определение наукоемких отраслей, поскольку доля затрат на НИР в общих затратах предприятий ниже установленных порогов (например, 3%). Однако это не снижает общей актуальности эффективной разработки технологий для всех перечисленных видов техники.



даря наличие такой общности можно одновременно разрабатывать новые технологии в интересах нескольких отраслей или видов техники (или, по меньшей мере, использовать общие исследовательские компетенции, квалифицированные кадры, объекты экспериментальной базы и т.п.). В то же время, количественное измерение степени общности физических процессов и технологий в различных отраслях или видах техники является сложной методологической проблемой.

Как правило, уровень совершенства технологий, требуемый для их применения в данной отрасли или виде техники, можно измерить по количественной шкале определенным набором показателей. Например, можно выделить показатели физических и др. процессов эксплуатации изделий, которые характерны для данной отрасли или вида техники. Так, в случае транспортных и космических систем можно выделить следующие группы показателей:

- скоростные и динамические – максимальные ускорения при движении, максимальная скорость движения, число Маха;
- прочностные и температурные – скоростной напор<sup>24</sup>, максимальное или, наоборот, минимальное статическое давление среды, максимальные напряжения в конструкции, максимальные или, наоборот, минимальные температуры в различных элементах конструкции;
- надежность – характерные значения вероятности безопасной работы, долговечности конструкции (в годах, часах работы, циклах использования и нагружения);
- энергетические – минимальные значения удельного расхода энергии на единицу транспортной работы (кДж/тонно-км, т.ут./тонно-км), значения энерговооруженности изделий, а также показатели весового совершенства как соотношения масс конструкции, топлива и полезной нагрузки;
- показатели допустимого уровня физических полей – акустического шума, электромагнитных полей, теплового излучения и т.п.

В конечном счете совокупность этих групп показателей – по крайней мере, косвенно – определяет возможности достижения некоторых генеральных целей национальной экономики и обороны, общества и государства, с помощью соответствующих видов техники.

Так, скоростные и динамические показатели определяют возможности ре-

---

<sup>24</sup> Он корректнее отражает воздействие скорости движения на конструкцию, чем сами значения скорости, поскольку, например, морская техника движется со скоростями, не превышающими нескольких сотен км/ч, тогда как летательные аппараты достигают скоростей порядка нескольких тысяч км/ч, а космические аппараты движутся со скоростями от первой космической и выше, т.е. 8 км/с. Но при этом они движутся почти в безвоздушном пространстве, тогда как летательные аппараты – в воздухе, а суда – в среде, обладающей плотностью еще на три порядка выше.

шения основной задачи транспортных и космических систем – перемещения пассажиров и грузов, различных видов полезной нагрузки, в пространстве (для изделий военного назначения – также мобильность и маневренность). Косвенно связаны с ними температурные и прочностные показатели, поскольку движение транспортных средств в различных средах, с определенными скоростями и ускорениями, неизбежно вызывает определенные механические и температурные нагрузки. Также механические нагрузки зависят от статического давления среды, что особо актуально для морской техники.

Показатели надежности и безопасности определяют возможности безопасного и результативного применения изделий по назначению, их долговечность и готовность к использованию. Таким образом, они отражают как уровень безопасности использования и качества работ и услуг, выполняемых с помощью изделий, так и некоторые экономические аспекты использования этих изделий (в частности, затраты на их приобретение, реновацию и поддержание готовности к применению).

Но даже в большей степени экономические и ресурсно-экологические аспекты отражает следующая группа показателей, энергетические. Они отражают потребность в мощности и энергетических ресурсах при эксплуатации изделий, что, с одной стороны, определяет значимую статью эксплуатационных затрат, а, с другой стороны, определяет уровень использования природных ресурсов (возможно, исчерпаемых, но в любом случае, ограниченных) данным видом техники.

Показатели различных физических полей, порождаемых изделиями в процессе их использования, отражают

- для изделий гражданского назначения – прежде всего, уровень их экологического воздействия на окружающую среду, опасности для здоровья человека и его комфорта;
- для изделий военного назначения – прежде всего, уровень их заметности и возможности обнаружения.

Сопоставляя значения показателей для различных видов техники, следует учитывать, что они эксплуатируются в существенно различных условиях – например, если космические аппараты движутся практически в вакууме, то изделия авиационной, автомобильной, железнодорожной техники – в плотных слоях атмосферы, а изделия морской техники – в среде, обладающей на три порядка более высокой плотностью, чем воздух на уровне земли. Поэтому нередко прямое сопоставление некорректно.

Еще более сложная методологическая проблема возникает при сопоставлении экономических и энергетических показателей. Железнодорожные и морские транспортные средства движутся по опорным поверхностям с относительно низким сопротивлением движению, поэтому энергетическая эффективность соответствующих транспортных средств, разумеется, выше, при прочих равных, чем для авиационной техники, которая также должна держаться в воздухе, что само по себе требует энергетических затрат, и т.д. Зато при этом воздушный транспорт не требует изъятия площадей под путевые сооружения, а также требует, наряду с водным транспортом, минимального объема этих сооружений, в сравнении с автомобильным и железнодорожным. Следует учитывать, что создание и поддержание путевой инфраструктуры также требует энергетических и прочих экономических затрат. Т.е. более корректно сопоставлять энергетические и экономические показатели не только в процессе движения транспортных средств, но в целом за жизненный цикл изделий.

Таким образом, различные отрасли или виды техники предъявляют различные требования к уровням показателей совершенства технологий. Причем, технологии, разработанные в интересах отрасли-лидера, предъявляющей наиболее жесткие требования к уровню совершенства изделий, применимы в прочих отраслях. В то же время более детальный анализ технологической общности различных видов техники показывает, что нередко невозможно однозначно выделить отрасль-лидера по всем параметрам уровня развития технологий. Как правило, если данная отрасль или вид техники опережает прочие по требуемому уровню одних показателей совершенства технологий, она уступает прочим по иным показателям. Т.е. ситуация доминирования по требуемому уровню всех показателей совершенства технологий на практике, вероятнее всего, не встречается. В то же время это и не всегда необходимо для интеграции исследований, исключения дублирования самих НИР и необходимого потенциала.

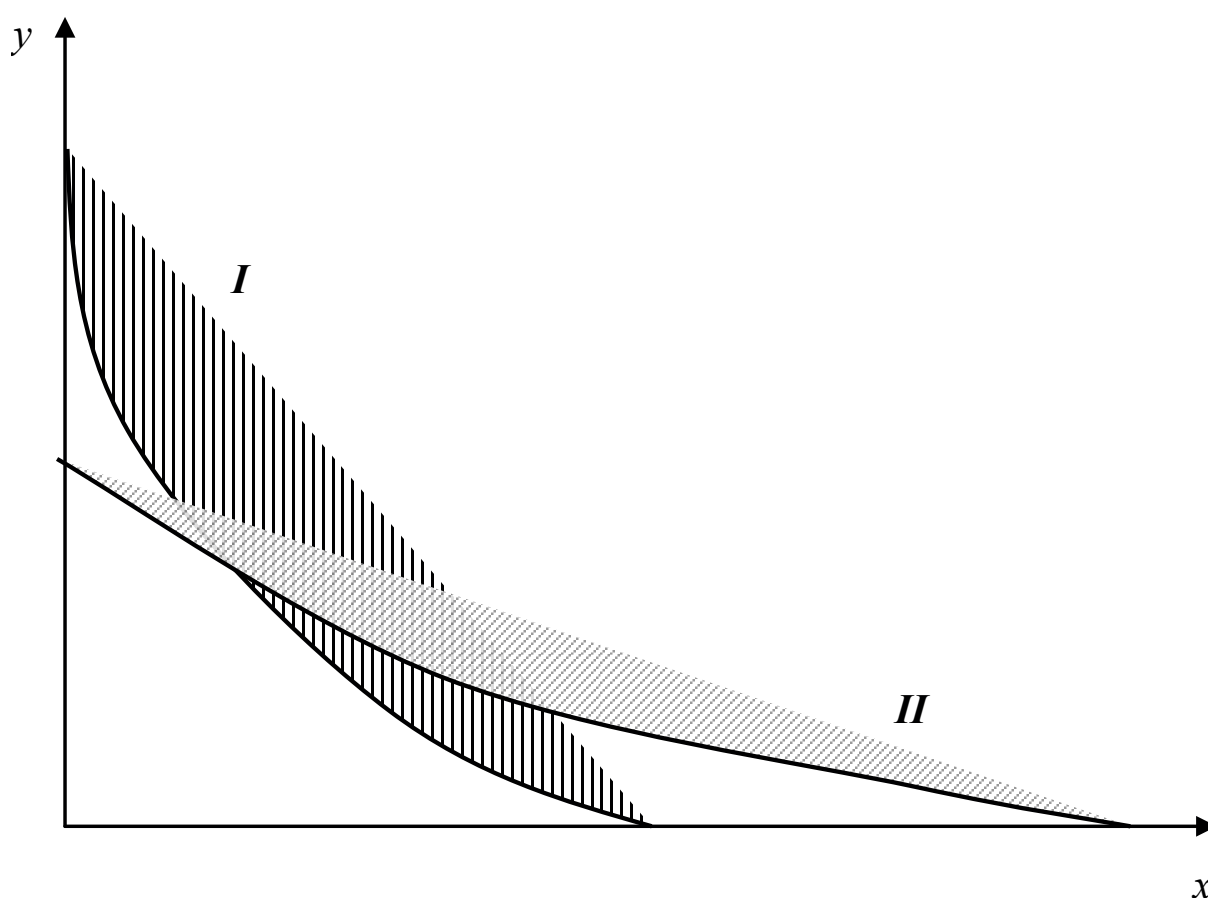
Если исследования проводятся по какому-либо выделенному показателю совершенства технологий (что характерно для т.н. *проблемно-ориентированных НИР*, т.е. исследований, выполняемых на низких уровнях готовности технологий, УГТ 1-3, для отработки отдельных технических идей и концепций, без учета их взаимодействия в системе<sup>25</sup>), вполне достаточно «одномерного» превосходства данной отрасли или вида техники. И лишь при проведении комплексных междисциплинарных исследований и разра-

---

<sup>25</sup> Здесь и далее подразумевается современная система организации прикладных исследований и разработок, подробно описанная в работах [47, 53]. Она предусматривает контроль уровней готовности технологий, подробнее см. [88], и различные виды работ и проектов на разных уровнях готовности. На разных стадиях предусмотрены различные принципы управления прикладными НИР, что связано с изменением степени неопределенности и уровня рисков.

боток<sup>26</sup>, когда важна интерференция технологий и разнообразных условий эксплуатации изделий, одновременное, совместное воздействие различных эксплуатационных факторов, нельзя ограничиться лишь проверкой точек, экстремальных по отдельным координатам в пространстве требуемых показателей совершенства технологий.

Схематично можно изобразить эти ситуации в виде, приведенном на рис. 1. Здесь  $x$ ,  $y$  - показатели уровня совершенства технологий; границы областей, соответственно, с вертикальной и диагональной штриховкой обозначают требуемые сочетания показателей уровня совершенства технологий в отраслях (областях техники) *I* и *II*. Здесь штриховка расположена со стороны допустимых областей, которые лежат выше и правее соответствующих кривых.



**Рисунок 8.1** Пространство показателей уровня совершенства технологий и области их требуемых значений для различных видов техники (пример)

На рисунке видно, что иногда некоторая отрасль или вид техники уступает другой отрасли (виду техники) по требуемому уровню какого-либо показателя совершенства технологий, но опережает по другому показателю, и наоборот. На

<sup>26</sup> В современной системе создания наукоемкой продукции они реализуются в виде т.н. комплексных научно-технологических проектов, в рамках которых на более высоких уровнях готовности технологий, УГТ 4-6, проводится системная интеграция технологий, признанных наиболее перспективными по итогам проблемно-ориентированных исследований.

практике преобладают именно такие ситуации – например, орбитальные космические аппараты и аппараты для исследования дальнего космоса движутся с наибольшими скоростями (от первой космической скорости, т.е. приблизительно 8 км/с, и выше) среди всех видов транспортных средств. Однако они, как правило, не испытывают высоких скоростных напоров, перегрузок, температурных нагрузок (если рассматриваются именно орбитальные и межпланетные аппараты, но не спускаемые аппараты или многоразовые космические корабли). Напротив, гиперзвуковые летательные аппараты движутся со скоростями, существенно меньшими первой космической скорости (за исключением спускаемых аппаратов и многоразовых космических аппаратов, которые начинают движение в верхних слоях атмосферы приблизительно с первой космической скорости, постепенно снижая скорость движения) – как правило, не более 1-2 км/с. Однако при этом они испытывают высокие перегрузки, порядка  $10g^{27}$ , высокие значения скоростного напора, нагрев до температур порядка нескольких тысяч °С. Подводные суда, как правило, движутся с невысокими (не только по меркам авиационной техники, но даже по меркам автомобильной и железнодорожной техники) скоростями – не более, чем приблизительно 100 км/ч. Однако они должны выдерживать наибольшее среди всех видов транспортных средств статическое давление, порядка 10 МПа (т.е. на два порядка выше атмосферного давления у поверхности земли), для подводных лодок с глубиной погружения до 1000 м – а для специализированных глубоководных аппаратов выше еще на порядок. Это обуславливает наивысшие требования к статической прочности корпуса. В то же время, морская техника, как правило, не должна испытывать высоких перегрузок, порядка нескольких g, что характерно для большинства изделий авиационной техники, особенно маневренных летательных аппаратов. И в том, и в другом случаях изделия испытывают высокие нагрузки, но в одном случае – от поверхностных сил (давления воды), а в другом – от массовых сил (перегрузка маневренных летательных аппаратов). И способы обеспечения статической прочности в этих случаях будут различаться.

Кроме того, нередко ограничения на требуемый уровень совершенства технологий бывают двусторонними. И, например, для летательных аппаратов актуальна как максимальная скорость движения, так и минимальная скорость, определяющая их взлетно-посадочные характеристики, а также маневренные возможности (в т.ч. возможности зависания, движения с отрицательными скоростями и т.п.). Более простой и распространенный пример – рабочий диапазон температур. Возможность эксплуатации изделий при высокой температуре воздуха, например, до  $+40..50^\circ$ , отнюдь не означает возможности их эксплуатации при низких температурах, например, до  $-40..-70^\circ$ . Т.е. превосходство в большую или меньшую сторону по требу-

---

<sup>27</sup>  $1 g \approx 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения на уровне земли и единица измерения перегрузки.

емому уровню какого-либо показателя необязательно означает абсолютное доминирование данного вида техники даже по данному изолированному показателю, без учета многомерности уровня совершенства технологий.

Итак, на практике почти не встречается ситуаций полного доминирования какого-либо вида техники по жесткости условий эксплуатации и предъявляемых требований к характеристикам изделий. Несмотря на это, по крайней мере, в части проблемно-ориентированных НИР, можно однозначно выделить отрасль-лидера по каждому направлению, показателю уровня совершенства технологий – например, по скорости движения в среде, рабочей температуре, уровню нагрузок, и т.п. В этом случае можно вполне обоснованно ограничиться

- либо, созданием технологии лишь для лидирующей отрасли, «закрывающей» потребности отраслей или видов техники, которые предъявляют не столь жесткие требования по данному показателю;
- либо, созданием и поддержанием исследовательских компетенций и экспериментальной базы лишь в расчете на лидирующую отрасль или вид техники (даже если исследования и разработки будут проводиться отдельно для отраслей, предъявляющих различные требования к технологиям по данному показателю совершенства).

Причем, такие решения вполне реализуемы на практике, а примеры их реализации широко известны и описаны выше.

Впрочем, даже формальное совпадение или доминирование уровня параметров в каких-то областях техники еще не гарантирует возможности совмещения методов и средств исследований и испытаний. Характерный пример доставляют гиперзвуковые аэродинамические трубы для испытания самих гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЗЛА) и предназначенных для них двигателей – как правило, прямоточных. Несмотря на формальное совпадение требуемой скорости потока, существенно различаются требования к расходу воздуха (возможно, также и к длительности рабочего процесса, которая в гиперзвуковых трубах невелика), к системам измерения. Впрочем, это не исключает возможности совмещения соответствующих экспериментальных установок – однако и степень технологической общности этих видов испытаний будет относительно невелика, как и соответствующая экономия.

### **8.3 Прогнозирование экономической эффективности межотраслевой интеграции разработки технологий**

Итак, сокращение дублирования исследований и разработок, или, по меньшей мере, исследовательских компетенций, создает предпосылки для

экономии средств при межотраслевой интеграции технологического развития. Т.е. одни и те же результаты – например, разработка совокупности новых технологий для нескольких отраслей или видов техники – достигаются с меньшими затратами, чем если бы исследования и разработки в этих отраслях проводились изолированно. Однако уровень достижимой при этом экономии нуждается в дополнительном формальном анализе.

Рассмотрим следующую упрощенную экономико-математическую модель затрат средств на создание новых технологий в некоторой совокупности отраслей или видов техники. Обозначим индексами  $i=1, \dots, N$  отрасли или виды техники, для которых рассматривается возможность межотраслевой интеграции разработки технологий. Предположим для простоты, что рассматривается возможность интеграции проблемно-ориентированных НИР, направленных на улучшение одного изолированного показателя уровня совершенства технологий  $x$ . Требуемый в  $i$ -й отрасли (для  $i$ -го вида техники) уровень данного показателя обозначим  $x_i$ . Затраты на изолированную, без межотраслевой интеграции, разработку технологий, необходимых для достижения уровня совершенства технологий  $x$ , обозначим  $C(x)$ . Для простоты предположим, что они одинаковы для всех отраслей (видов техники), что, в принципе, оправданно, если рассматриваются именно проблемно-ориентированные НИР, направленные на улучшение данного изолированного показателя без учета его связи с прочими, интерференции технологий и элементов технических систем. Тогда в отсутствие межотраслевой интеграции исследований и разработок общая их стоимость, необходимая для достижения всеми отраслями в совокупности требуемых уровней совершенства технологий (по данному показателю  $x$ ), обозначаемых далее вектором  $\vec{x}^{\text{треб}} = (x_1, \dots, x_N)^T$  составила бы

$$TC_0(\vec{x}^{\text{треб}}) = \sum_{i=1}^N C(x_i)$$

Если же можно выделить отрасль или вид техники, являющийся лидирующим по требуемому уровню данного показателя совершенства технологий:  $i_{\text{leader}} = \arg \max_i x_i$ , тогда возможна межотраслевая интеграция прикладных исследований и разработок, направленных на улучшение данного показателя. Т.е. можно исключить все исследования, направленные на разработку технологий с менее жесткими требованиями (или, по меньшей мере, создание и поддержание необходимых для этого компетенций). В этом случае затраты ограничатся лишь затратами на разработку технологий, необходимых отрасли-лидеру:

$$TC_{\text{integr}}(\vec{x}^{\text{треб}}) = C(x_{i_{\text{leader}}}) = C(\max_i x_i)$$

Если затраты на прикладные исследования монотонно возрастают по мере ужесточения требований к необходимому уровню совершенства технологий, т.е.  $\frac{\partial C}{\partial x} > 0$ , тогда можно выразить требуемую сумму затрат следующим образом:

$$TC_{integr}(\bar{x}^{треб}) = C(x_{i_{leader}}) = \max_i C(x_i)$$

Экономический эффект от межотраслевой интеграции прикладных исследований и разработок состоит в экономии соответствующих затрат. Т.е. он определяется соотношением вышеописанных сумм,  $TC_0(\bar{x}^{треб})$  и  $TC_{integr}(\bar{x}^{треб})$ . Поскольку вторая величина является одним из слагаемых первой суммы, очевидно, что эффект положителен. Однако насколько он велик в относительном выражении? Разумеется, конкретные количественные оценки можно получить лишь на основе конкретных зависимостей  $C(x)$ <sup>28</sup>. Однако на основе качественных свойств соответствующих зависимостей можно получить некоторые полезные качественные выводы. Т.е. предлагается рассмотреть т.н. «мягкую» математическую модель, основанную не на конкретных спецификациях частных моделей, формулах используемых зависимостей, а на их качественных свойствах, которые могут проявляться при различных видах используемых функциональных зависимостей, подробнее см. [5]. Как правило, доверие к результатам анализа таких моделей выше, поскольку они не зависят от конкретной спецификации математических моделей (которая может и не соответствовать реальности), а определяются лишь их качественными свойствами. Если они признаны реалистичными, тогда и выводы из анализа «мягкой» модели справедливы, безотносительно к конкретному виду математических формул и функций.

Прежде всего, поскольку при межотраслевой интеграции исследования и разработки проводятся лишь в расчете на уровень требований, предъявляемых отраслью-лидером, т.е.  $\max_i x_i$ , о прочих членах суммы  $\sum_{i=1}^N C(x_i)$  заведомо известно, что они меньше слагаемого для отрасли-лидера:

$$C(x_i) < C(x_{i_{leader}}), \quad i \neq i_{leader},$$

$$\text{т.к. } \frac{\partial C}{\partial x} > 0$$

Следовательно, все остальные слагаемые в сумме меньше, чем  $(N-1) \cdot C(x_{i_{leader}})$ . Поэтому относительное снижение затрат благодаря межотраслевой интеграции подчиняется следующему неравенству:

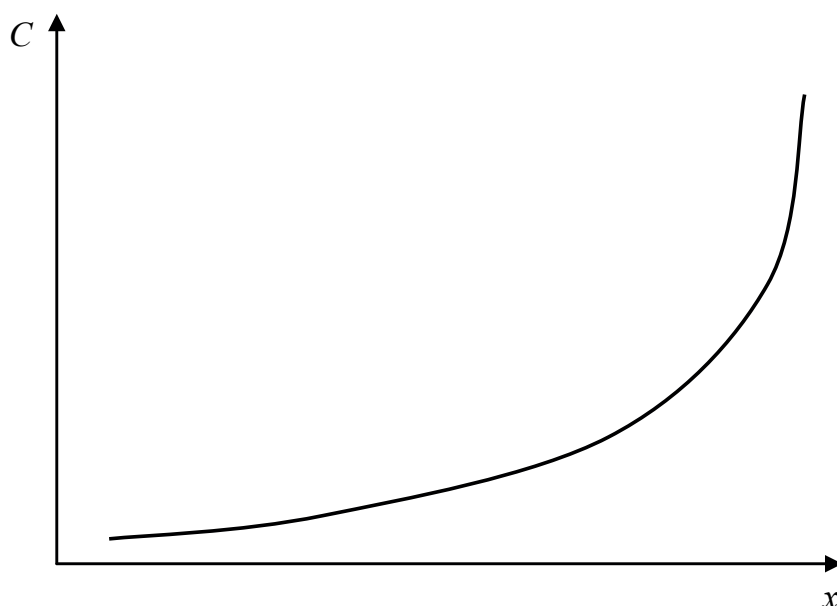
$$\frac{TC_{integr}(\bar{x}^{треб})}{TC_0(\bar{x}^{треб})} = \frac{\max_i C(x_i)}{\sum_{i=1}^N C(x_i)} > \frac{C(x_{i_{leader}})}{N \cdot C(x_{i_{leader}})} = \frac{1}{N}$$

Т.е. суммарные затраты на исследования и разработки сократятся благодаря их межотраслевой интеграции заведомо меньше, чем в  $N$  раз, где  $N$  - количество отраслей или видов техники, в интересах которых разрабатываются унифицированные технологии.

<sup>28</sup> Следует учитывать, что существуют фундаментальные проблемы оценки таких зависимостей, даже апостериорной, не говоря уже об их прогнозировании на будущее.



При более конкретных допущениях относительно свойств зависимости  $C(x)$ , можно сделать и более сильные качественные выводы. Если предположить, что в оптимальном для каждой отрасли состоянии выбирается уровень совершенства технологий, соответствующий выпуклому участку зависимости  $C(x)$ , т.е. дальнейшее совершенствование технологий достигается ценой все больших затрат:  $\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} > 0$ , тогда, например, если отрасль-лидер превосходит прочие отрасли, реципиенты создаваемых для нее технологий, вдвое по уровню требуемого совершенства технологий, можно заведомо считать, что потребные в этих отраслях затраты на изолированную разработку соответствующих технологий были бы более чем вдвое ниже, чем в лидирующей отрасли, см. рис. 8.2.

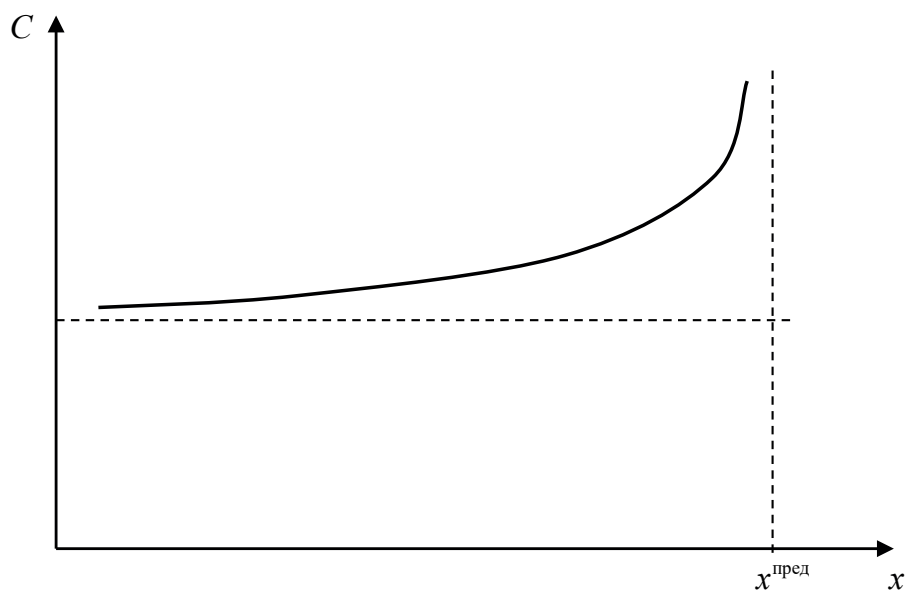


**Рисунок 8.2** Качественный вид зависимости затрат на прикладные исследования от требуемого уровня совершенства технологий (пример 1)

В таком случае, если отрасли-реципиенты многократно уступают отрасли-лидеру по требуемому уровню показателя совершенства технологий:  $x_i \ll x_{i_{leader}}$ ,  $i \neq i_{leader}$ , все прочие члены суммы в совокупности будут существенно ниже, чем  $\sum_{i=1}^N C(x_i)$ . И их устранение благодаря исключению дублирования прикладных исследований в отраслях-реципиентах принесет относительно малый эффект, поскольку  $C(x_{i_{leader}}) \approx \sum_{i=1}^N C(x_i)$ . Т.е. эффективность межотраслевой интеграции относительно невелика. И лишь если отрасли-реципиенты близки к отрасли-лидеру по требуемому уровню совершенства технологий:

$x_i \approx x_{i_{leader}}$ ,  $i \neq i_{leader}$ , прочие члены суммы  $\sum_{i=1}^N C(x_i)$  в совокупности будут близки  $(N-1) \cdot C(x_{i_{leader}})$ . Тогда их устранение благодаря межотраслевой интеграции существенно сократит потребную сумму затрат на исследования и разработки.

В то же время зависимость  $C(x)$  может иметь и «постоянную»<sup>29</sup> составляющую, связанную, прежде всего, с созданием и поддержанием исследовательских компетенций (т.е. квалифицированных кадров и экспериментальной базы). И если эта постоянная составляющая велика, тогда, наоборот, даже при двукратном превосходстве отрасли-лидера по требуемому уровню показателя совершенства технологий затраты в отраслях-реципиентах, если бы в них необходимые технологии разрабатывались независимо, были бы ниже не вдвое, а менее чем вдвое, по сравнению с отраслью-лидером, см. рис. 8.3.



**Рисунок 8.3 Качественный вид зависимости затрат на прикладные исследования от требуемого уровня совершенства технологий (пример 2)**

Причем, зависимость  $C(x)$  по-прежнему может быть выпуклой вниз. В этом случае, даже при значительном отставании отраслей-реципиентов от отрасли-лидера в части требуемого уровня совершенства технологий, все прочие члены суммы  $\sum_{i=1}^N C(x_i)$  в совокупности могут быть близки к  $(N-1) \cdot C(x_{i_{leader}})$ . Соответственно, их устранение при межотраслевой интеграции существенно, почти в  $N$  раз, снизит потребный объем затрат на прикладные НИР, т.е.

$$\frac{TC_{integr}(\bar{x}^{треб})}{TC_0(\bar{x}^{треб})} \approx \frac{1}{N}$$

Именно в этих случаях межотраслевая интеграция исследований и разработок нанесет наибольший экономический эффект.

Вероятно, именно такой случай имеет место в ранее указанном примере аэродинамических исследований и испытаний. Несмотря на то, что автомобильная и железнодорожная техника, а, тем более, морская техника в не-

<sup>29</sup> В данном случае имеется в виду, что эта составляющая затрат не зависит от достижимого уровня совершенства технологий, т.е. от требуемой результативности НИР. Это определение не совпадает с традиционным пониманием постоянных, условно-постоянных и т.п. издержек в экономике, поэтому используются кавычки.

сколько раз уступают по скорости потока обтекающего их воздуха дозвуковой авиационной технике, создание и поддержание соответствующей экспериментальной базы – прежде всего, аэродинамических труб – в интересах этих отраслей потребовало бы постоянных затрат, близких по порядку величины к тем, которые требуются в авиастроении. Тем более, это справедливо в отношении квалифицированных специалистов по дозвуковой аэродинамике, программных средств аэродинамических расчетов и т.п. Поэтому межотраслевая интеграция в этой сфере обещает быть наиболее эффективной в относительном выражении.

Впрочем, в области значений показателей совершенства технологий, близких к физическому пределу для данного технологического уклада  $x^{\text{пред}}$ , затраты на их улучшение стремятся к бесконечности:  $\lim_{x \rightarrow x^{\text{пред}}} C(x) = +\infty$ . Тогда даже при наличии значительной постоянной составляющей, как на рис. 8.3, она становится пренебрежимо малой на фоне «переменных» затрат, необходимых непосредственно на исследования и разработки. Т.е. ситуация для отрасли-лидера становится близкой к той, что изображена на рис. 8.2, тогда как в отраслях-реципиентах требуемые уровни показателя совершенства технологий далеки от физического предела:  $x_i \ll x^{\text{пред}}$ ,  $i \neq i_{\text{leader}}$ . А в таких случаях, как обосновано выше, возможный выигрыш от межотраслевой интеграции технологий может быть невелик.

При этом следует также учитывать, что в реальности каждая отрасль или вид техники обладает отраслевой спецификой. И потому даже при равных значениях требуемого уровня показателя совершенства технологий не удастся избежать проведения специфических, для каждой отрасли или вида техники, исследований и испытаний – в противоположность построенной выше крайне упрощенной модели. Также не удастся избежать специфических затрат на создание и поддержание исследовательских компетенций. Так, например, аэродинамические испытания летательных аппаратов, имитирующие их обтекание в свободном полете, все-таки отличаются по постановке эксперимента от испытаний корабельных надстроек, а также объектов автомобильной и железнодорожной техники, движущихся вблизи земной поверхности. В предложенной выше модели, фактически, рассмотрены лишь общие (универсальные) затраты различных отраслей на исследования и разработки. Однако в реальности следует учитывать и специфические затраты. Поэтому, если не ожидается существенной относительной экономии общих издержек, в целом эффект межотраслевой интеграции может оказаться пренебрежимо малым или даже отрицательным, с учетом ряда других факторов, имеющих место в реальности, но не учтенных в приведенных здесь рассуждениях.

#### 8.4 Обоснование создания центра прикладных исследований и межотраслевой интеграции технологий

Разрозненные и сравнительно мелкие отраслевые институты вряд ли способны решить задачи, стоящие перед российской прикладной наукой в данный исторический период.

Прежде всего, неизбежен дефицит средств на содержание и развитие экспериментальной базы (а многие отрасли прикладной науки отличаются высокой фондоемкостью, например, авиационная наука). Вывести российскую прикладную науку на мировой уровень фондовооруженности исследователей, создать передовую экспериментальную базу можно лишь отказавшись от ее изолированного развития в рамках отдельных институтов. Целесообразно скоординированное развитие экспериментальной базы в рамках центров коллективного пользования (ЦКП) научным оборудованием, оценки эффективности создания которых предложены, например, в работе [49].

Помимо минимизации затрат, необходимо повышение полезности результатов работы прикладной науки. Предприятия промышленности нуждаются не просто в новых технологиях, а именно в их интегрированных комплексах, определяющих технологический облик новых поколений продукции. Отдельные новые технологии могут вступать в противоречия друг с другом, а также с существующими технологиями. Поэтому подготовка новых технологий к внедрению должна происходить в рамках комплексных проектов, состоящих из взаимодополняющих технологий, взаимодействие которых обеспечивает синергетический эффект. Организовать разработку таких проектов могут только крупные организации – центры прикладной науки, которые призваны стать «ядрами концентрации» прикладной науки в соответствующих отраслях, а в дальнейшем – возможно, выйти и на межотраслевой уровень.

Именно такие центры способны принять на себя и важные управленческие функции: проводить системные исследования перспектив развития соответствующих отраслей, формировать скоординированное целеполагание исследований, проводимых в интересах данной области, разрабатывать комплексные прогнозы развития технологий по соответствующему направлению. Причем, такие центры целесообразно формировать именно как межотраслевые, по описанным далее причинам.

Здесь в качестве примера рассматривается формирование центра межотраслевой интеграции технологий в области транспортных и космических систем. Однако аналогичные соображения справедливы и в других областях техники.

1. Отсутствие технологических прорывов при изолированном развитии научных дисциплин

Возможности достижения технологических прорывов в рамках сложившихся областей техники и научных направлений в области транспортных и космических систем практически исчерпаны.

**Пример.** За 30 лет с 1968 по 1998-й год удалось снизить удельный расход топлива узкофюзеляжных самолетов с 27 г/пасс.-км до 18 г/пасс.-км, т.е. на 33%. Однако, за 20 следующих лет дальнейшего совершенствования разработанных в то время технологий (турбореактивных двигателей, традиционной аэродинамической компоновки и авиационных материалов), удалось снизить расход топлива до уровня 16-17 г/пасс.-км, лишь на 5-6% улучшив полученный ранее результат.

Радикальный прирост скорости дальних и сверхдальних пассажирских перевозок невозможен только с использованием хорошо проработанных к настоящему моменту технических решений – сверхзвуковые самолеты существуют, но массовое применение их невозможно вследствие опасности воздействия звукового удара на наземные объекты. Наземные виды транспорта, работающие на традиционных физических принципах, пока не могут обеспечить скорости, сравнимые с авиацией. Разработка же гиперзвуковых пассажирских летательных аппаратов находится на стадии поисковых исследований и требует интеграции с техническими решениями в области космических систем.

Необходимым условием создания прорывных технологий является проведение исследований и разработок на стыке научных дисциплин и отраслей.

**Пример.** Качественно новые характеристики военной и специальной техники, обеспечивающие асимметричный ответ на вызовы национальной безопасности России, способны обеспечить лишь многосредные воздушно-космические системы на стыке авиационных и космических технологий. Только такие системы позволят реализовать концепцию «быстрого глобального удара», которая становится основой стратегического паритета в ближайшем будущем.

**Пример.** Во многих областях техники целесообразно применение технических решений, отработанных в живой природе. Их изучение и развитие обеспечивает бионика – дисциплина на стыке биологии и различных областей техники.

- Для создания легких и прочных конструкций транспортных средств, путевых сооружений, строительных конструкций и т.п. целесообразно применение сетчатых пространственных конструктивно-силовых схем, встречающихся в скелетах птиц, у некоторых растений и т.п.

Революционные улучшения в части надежности машин возможны при использовании природных принципов регенерирующих, самовосстанавливающихся конструкций.

Значительные резервы снижения сопротивления среды (воздушной, водной) обеспечивает применение структуры поверхности, характерной для птиц, акул и т.п.

Эффективное развитие бионических технологий в интересах транспорта, комических систем, энергетики и т.п. возможно лишь в рамках межотраслевого исследовательского центра.

## 2) Дублирование тематик НИР, проблемы передачи технологий из одной отрасли в другую

В силу ведомственной разобщенности, нередко в отдельных отраслях создавались передовые технологии, потенциально применимые и в других отраслях и областях техники. Фактически, каждая высокотехнологичная отрасль в отдельности вынуждена развиваться в технологическом отношении вслепую, в отсутствие четких межотраслевых ориентиров. При этом исключено, что некоторые исследования и разработки в одной области техники проводятся для решения тех задач, которые уже могут быть эффективнее решены иными видами техники, причем, на эти работы расходуются дефицитные ресурсы. Иначе говоря, неэффективное целеполагание приводит к тому, что научные организации стремятся к достижению неактуальных целей, но по причине дефицита ресурсов не могут их достичь. В итоге не хватает ресурсов для своевременного достижения действительно актуальных целей.

**Пример.** В смежных с авиацией отраслях ОПК могут разрабатываться технологии, которые резко снижают актуальность совершенствования летательных аппаратов – конструкции планера, силовой установки и бортового оборудования, улучшения их свойств – например, средства поражения, для доставки которых не нужен летательный аппарат. Не обладая соответствующей информацией о возможном создании таких «закрывающих» технологий в смежных отраслях, научные организации отрасли не могут обоснованно определить роль военной авиационной техники в перспективных системах вооружений и вообще, роль авиации в группировках Вооруженных сил. В итоге, вполне возможно, что при создании научно-технического задела для будущих поколений военной авиационной техники российское авиастроение вынуждено ставить избыточные цели (и расходовать излишние ресурсы – пусть даже и выделяемые в недостаточных объемах), ориентируясь на традиционные для авиации функции в вооруженной борьбе, которые она в перспективе выполнять и не будет.

Возможности новых технологий из других отраслей могут оставаться невостребованными из-за информационных барьеров – иногда специалисты отраслей-«реципиентов» не располагают нужной информацией.

**Пример.** В авиастроении, в силу особо жестких требований к весовому совершенству и энергетической эффективности, компактности конструкций, всегда уделялось особое внимание комплексированию бортового оборудования. Различные системы (радиоэлектронного оборудования, вооружения, жизнеобеспечения ЛА и др.) формировались в составе единого комплекса, чтобы, во-первых, исключить непродуктивное дублирование их энергообеспечения, поддержания тепловых режимов и т.п. Во-вторых, повышается общая надежность комплекса, поскольку, например, разные системы могут использовать информацию от нескольких дублирующих датчиков, но общих для всего борта. В-третьих, изначально обеспечивается электромагнитная совместимость всех систем (а также компоновочная, при необходимости – аэродинамическая и т.п.), достаточность энергообеспечения и др.

Комплексирование бортового оборудования ЛА традиционно является одной из главных задач ГосНИИ Авиационных систем (ГосНИИ АС). В судостроении исторически таких компетенций не создано. Структура оборудования и систем кораблей и судов остается преимущественно федеративной, т.е. каждая из сотен и тысяч систем обладает автономным энерго-, теплообеспечением, информационным обеспечением и т.п., что приводит к избыточной массе, стоимости, габаритам, энергопотреблению всей совокупности этих систем, при относительно низкой надежности. Кроме того, нередко они оказываются несовместимыми.

Поэтому целесообразен трансфер более передовых методов и принципов комплексирования бортового оборудования, развитых в авиастроении, в другие области транспортной техники. В то же время промышленные корпорации (ОАК) создают дублирующие центры компетенций в части комплексирования бортовых систем. Поэтому научные организации (ГосНИИАС) для сохранения своей лидирующей роли должны разрабатывать и предлагать принципиально новые системотехнические решения, эффективные для промышленности.

Но даже при наличии необходимой информации о «родственных» исследованиях и разработках в других отраслях, нередко не используются возможности объединения тематики НИР, разработки общих «сквозных» технологий, поскольку каждая отрасль располагает самостоятельными научными и конструкторскими организациями. Преследуя корпоративные и ведомственные интересы, их руководители заинтересованы в проведении

«бесконечных НИОКР», максимизации объемов проводимых работ, непродуктивного роста численности коллективов и создании самостоятельной экспериментальной базы. Такие решения противоречат общегосударственным интересам, особенно в условиях жестких бюджетных ограничений.

Устранить описанные негативные явления позволяет лишь единый межотраслевой исследовательский центр, осуществляющий централизованное стратегическое планирование исследований и разработок, а также управление развитием исследовательских компетенций.

Интеграцию знаний и компетенций целесообразно проводить именно на уровне организаций прикладной науки, а не на уровне конструкторских бюро. Научные организации по итогам разработки технологий могут предоставить их конструкторским бюро различных отраслей, в то время как у конструкторов, как правило, нет допуска к сведениям об изделиях других отраслей (см. рисунок 8.4).



**Рисунок 8.4** Интеграция знаний и компетенций по технологиям в рамках организаций прикладной науки

### 3) Высокие риски прорывных разработок

Если «сквозная» технология разрабатывается в интересах отрасли, предъявляющей наиболее жесткие требования к уровню совершенства изделий, высок риск их невыполнения в заданные сроки. Однако при постепенном совершенствовании этой «сквозной» технологии она может последовательно внедряться в других, «менее требовательных» отраслях. Это позволяет



снизить риски реализации амбициозного прорывного проекта; уже в ходе его реализации получать положительный эффект; при необходимости – гибко принимать решения о прекращении разработок с ненулевым результатом (принцип реальных опционов).

**Пример.** В настоящее время в связи с массовым развитием беспилотных летательных аппаратов крайне актуально стоит проблема их группового применения в ограниченном пространстве.

Одним из важных направлений использования БЛА является применение БЛА в составе смешанных групп, включающих пилотируемые и беспилотные ЛА, или в составе автономно функционирующих, но согласовано управляемых БЛА. Групповое согласованное применение БЛА позволяет существенно повысить производительность процессов наблюдения, таких как разведка, поиск объектов, аэрофотосъемка, мониторинг чрезвычайных ситуаций, мониторинг трубопроводов и линий электропередач и пр.

Сложность управления группой (группами) БЛА связана с высокой неопределённостью состояния окружающей среды, интенсивно меняющейся обстановкой, необходимостью точного позиционирования всех элементов группы в пространстве, высокая плотность движения в перспективе и для воздушного пространства, высокие относительные скорости движения и как следствие высокие требуемые скорости реакции на изменение ситуации, катастрофический характер столкновений и др.

Поэтому автоматизация управления групповыми действиями БПЛА действующими как автономно, так и совместно с пилотируемыми авиационными комплексами в целом является наиболее сложной и многогранной задачей. Одним из важнейших аспектов проблемы автоматизации управления групповыми действиями БЛА является обеспечение безопасности полетов и безопасности воздушного движения в воздушном пространстве с участием БЛА.

В тоже время, методы и способы реализации автоматизированного управления группой БПЛА, а также разработанные технические решения в последующем могут с успехом применяться и при автоматизации управления автомобильным и водным транспортом. А проблемы обеспечения безопасности воздушного движения в воздушном пространстве с участием БЛА могут рассматриваться в более общей постановке – безопасность движения транспортных средств в воздушной, наземной и водной среде.

Кроме того, сквозное и массовое внедрение технологий в различных отраслях повышает в дальнейшем возможности их совершенствования.

Пример. Первоначально разрабатываемая для применения Вооруженными Силами система глобального геопозиционирования (GPS), получила впоследствии широкое применение в гражданской авиации, автомобильном транспорте, в туристическом бизнесе и транспортно-хозяйственной деятельности вообще. Помимо удешевления аппаратного обеспечения GPS-модулей, благодаря такому распространению технологии, появилась возможность ее постоянного улучшения и доведения до совершенства. Тем самым были снижены риски ее внедрения в постоянно усложняющиеся системы навигации крылатых ракет совместно с инерциальной, картографической (TERCOM) и другими системами. Также создание и совершенствование аналогичных систем геопозиционирования в других странах (ГЛОНАСС, Galileo, BeiDou) повышает надежность самолето- и судовождения как в сложных метеорологических и других природных условиях, так и при постановке противником радиоэлектронных помех в случае использования в вооруженных конфликтах.

#### 4) Низкая серийность применения новых технологий

Создание изделий или их компонентов, обладающих технологической общностью, в интересах нескольких наукоемких отраслей позволяет распределить затраты на исследования и разработки, стоимость создания «сквозных» технологий на большее число финальных изделий, и за счет этого снизить их цену. Например, 1 млрд. ден. ед., затраченный на разработку новой технологии в авиации, при распределении на 1000 самолетов даст прирост к цене самолета в 1 млн. ден. ед. Если же эти разработки будут применены в автомобилестроении, где серийность составляет порядка 1 млн. изделий, то прибавка к цене одного изделия будет уже около только 1000 ден. ед. В высокотехнологичных отраслях повышение серийности также дает снижение производственных затрат за счет эффекта обучения.

Значительный эффект удешевления за счет повышения серийности производства характерен и для производства новых материалов с высоким уровнем характеристик (новых металлических сплавов, полимерно-композитных материалов, и др.).

Пример. В настоящее время трансфер из авиации в другие отрасли машиностроения наблюдается в части технологий моделирования и оптимального проектирования тепловых двигателей и их рабочих процессов, на базе теорий, моделей и пакетов моделирования горения и теплообмена. Весьма эффективен трансфер технологий проектирования изделий авиационного машиностроения в прочие отрасли транспортного машиностроения. .

Авиастроительные компании выступали пионерами в применении программных средств автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства, CAD/CAM. Далее практически те же программные пакеты, после соответствующей адаптации, применяются в автомобилестроении, железнодорожном машиностроении и т.п. Так, пакет DYTRAN, предназначенный для динамических прочностных расчетов, вначале применялся в авиастроении, а затем – в автомобилестроении, в т.ч. для проведения виртуальных краш-тестов (испытаний на пассивную безопасность).

Также передаются отработанные в авиации передовые системотехнические решения в области авионики, такие как ее модульная архитектура. Используются в прочих отраслях алгоритмы управления и конструктивные решения в сфере систем управления – начиная от эргономики кабин, визуализации приборной информации (в т.ч. индикации на лобовом стекле), методов моделирования и оптимизации взаимодействия человек-машина, и заканчивая новыми видами исполнительных механизмов (гидравлических, электромеханических и др.) в системах управления. Так, технологии, отработанные в гидравлических приводах авиационных систем управления, далее были применены в автоматизированной гидропневматической подвеске некоторых автомобилей («Ситроен» и др.). В то же время, такой трансфер технологий авиастроения является примером успешного зарубежного опыта, но до сих пор не имеет аналогов в отечественной практике, в силу межотраслевых и межведомственных барьеров.

#### **5) Дублирование затрат на содержание экспериментальной и полигонной базы и на развитие центров компетенций**

При изолированном развитии технологий в отдельных отраслях промышленности происходит, по крайней мере, частичное дублирование центров компетенции и объектов экспериментальной базы по схожим направлениям работ. Развитие центров компетенции требует значительных затрат на обучение и повышение профессиональной квалификации исследователей; строительство и содержание объектов экспериментальной базы прикладной науки также является крайне дорогостоящим. При создании единого центра координации работ в различных отраслях указанные затраты можно оптимизировать. Несмотря на то, что каждая отрасль предъявляет специфические требования к методам и средствам исследований, характеристикам испытательного оборудования, различные виды транспортных и космических систем обладают технологической общностью, что позволяет использовать для их разработки общие научные компетенции и объекты экспериментальной базы.

**Пример.** В авиастроении и космических исследованиях используются гиперзвуковые аэродинамические трубы для отработки летательных аппаратов с соответствующими скоростями.

В ФГУП «ЦАГИ» сверхзвуковые аэродинамические трубы Т-108, Т-109, Т-113, Т-114 служат для исследования моделей сверхзвуковых самолетов и ракет (ракеты небольших размеров могут испытываться с работающим двигателем). Изучаются аэродинамические характеристики, устойчивость и управляемость, флаттер, реверс, разделение объектов, аэродинамика силовых установок в широком диапазоне летных чисел Маха (от 0,4 до 6,0).

Крупномасштабная сверх- и гиперзвуковая аэродинамическая труба (установка У-306-3) в ФГУП «ЦНИИМаш» используется для исследования аэродинамических характеристик и функциональной отработки изделий ракетно-космической техники при сверх- и гиперзвуковых скоростях. При этом диапазон летных чисел Маха в этой трубе составляет 3...8.

Также возможно (и уже практикуется) совместное использование созданных в авиастроении (ФГУП «ЦАГИ» и ФГУП «СибНИА») прочностных стендов и дозвуковых аэродинамических труб в интересах автомобилестроения, железнодорожного транспорта (в т.ч. высокоскоростного), в интересах создания некоторых классов кораблей и судов. Помимо изделий транспортного и космического машиностроения, эти установки успешно применяются для испытаний элементов путевой инфраструктуры, моделей строительных конструкций, зданий и сооружений.

Опытные бассейны, имеющиеся в судостроении, могут применяться в авиастроении для исследований перспективных гидросамолетов, многосредных аппаратов (экранолетов, экранопланов и др.), а также для испытаний сухопутных ЛА на аварийное приводнение. Это потребует их оснащения некоторым дополнительным измерительным и испытательным оборудованием, но наиболее дорогостоящей является именно общая основа. Поэтому исключение ее дублирования может принести существенную экономию.

**6) Оптимизация финансовых и временных затрат за счет единых подходов и стратегии формирования и развития информационной платформы и единого информационного пространства Центра.**

Формирование единой цифровой платформы Центра позволит:

- обеспечить процедуру сбора, хранения, обработки распределенных данных и управления информационными потоками данных и знаний; объединение различных информационных фондов с помощью интегрированного каталога метаданных и механизмов логической адресации единиц хранения;

- реализовать механизмы и логику управления жизненным циклом данных, включая создание материалов, передачу, хранение, доступ к ним;
- предоставить пользователям механизмы поиска и доступа к информационным ресурсам.

Это, в свою очередь, позволит преодолеть информационные барьеры и облегчит трансфер технологий.

Единая база знаний о технологиях, образцах продукции, требованиях к перспективным образцам, прогнозах и сценарных условиях развития – необходимый инструмент эффективного интегрированного управления жизненными циклами технологий и продукции.

**Пример.** В части вычислительной и сетевой инфраструктуры высокая однородность, применение комплексных систем мониторинга и удаленного управления позволяют оптимизировать трудозатраты и численность персонала.

Внедрение систем электронного документооборота сокращает временные потери по ознакомлению и поиску, реагированию персонала, минимизирует потерю информации при передаче.

Повышению однородности и укрупнению пулов лицензий программного обеспечения позволит осуществлять оптимизацию закупок по количеству и стоимости, оптимизировать затраты по обучению за счет организации внутреннего обучения персонала.

Доработки информационных-аналитических систем будут доступны всем структурам Центра

#### **7) Снижение стоимости эксперимента за счет создания единого пространства и межотраслевых технологий для математического моделирования**

Одним из важнейших направлений развития в области исследований и применения ИТ является «виртуализация» экспериментов и испытаний – цифровизация научно-технической деятельности. Такой подход полностью коррелирует с концепцией и программой «Цифровая экономика», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 года №1632-р, и призван обеспечить снижение затрат на создание дорогостоящих моделей и их многократных изменений, уменьшить количество масштабных и натурных экспериментов, повысить количество необходимых испытаний для достижения оптимальных и прорывных ТТХ без значительного увеличения стоимости, сформировать основу для развития информационной модели объекта для использования на последующих этапах его жизненного цикла до «цифрового двойника».

Экономия в этой области напрямую связана со стоимостью вычислительной мощности (которая постепенно снижается), процессом «оцифровки» разработанных методик испытаний, формированием кадрового потенциала соответствующей квалификации. Упомянутые факторы позволят оптимизировать стоимость процесса при предлагаемом подходе формирования специализированных центров компетенций и принципа иерархии суперкомпьютеров.

Применение подходов системного инжиниринга и развитие моделирования на всех «уровнях» - от подсистем и систем, до имитационных моделей группировок объектов в квазиреальных условиях цифрового пространства - со временем позволит структурировать и конкретизировать цели и задачи, определить точки максимально эффективного приложения научного потенциала.

**Пример.** Оптимальным решением по архитектуре систем моделирования является комбинированное распределение ресурсов, когда наряду с централизованными ресурсами большой производительности на местах используется вычислительная техника меньшей производительности. Частичная децентрализация рациональна в том числе и по причине большого разнообразия используемого программного обеспечения, ориентированного на решение конкретных типов задач. Для обеспечения суперкомпьютерными ресурсами промышленных предприятий (НИИ, КБ) требуется налаживание иерархии суперкомпьютеров различной производительности (см. рис. 8.5):

1. Производительностью до 5 Тфлопс, дешевых и не требующих дополнительной инфраструктуры (обеспечение задач «рутинного» проектирования по отработанным методикам на местах);
2. Производительностью порядка 20 ТФлопс (регулярное решение задач средней размерности и отработка суперкомпьютерных технологий средней степени сложности);
3. Производительностью около 250 ТФлопс (регулярное решение задач большой размерности и отработка суперкомпьютерных технологий большой степени сложности);
4. Производительностью до 10 ПФлопс (проведение массовых расчетов задач большой и сверхбольшой размерности, отработка суперкомпьютерных технологий большой сложности).

Суперкомпьютеры производительностью более 300-500 Тфлопс целесообразно иметь только в центрах коллективного пользования, ориентированных на несколько отраслей или групп предприятий (в случае «продвинутых» отраслей).

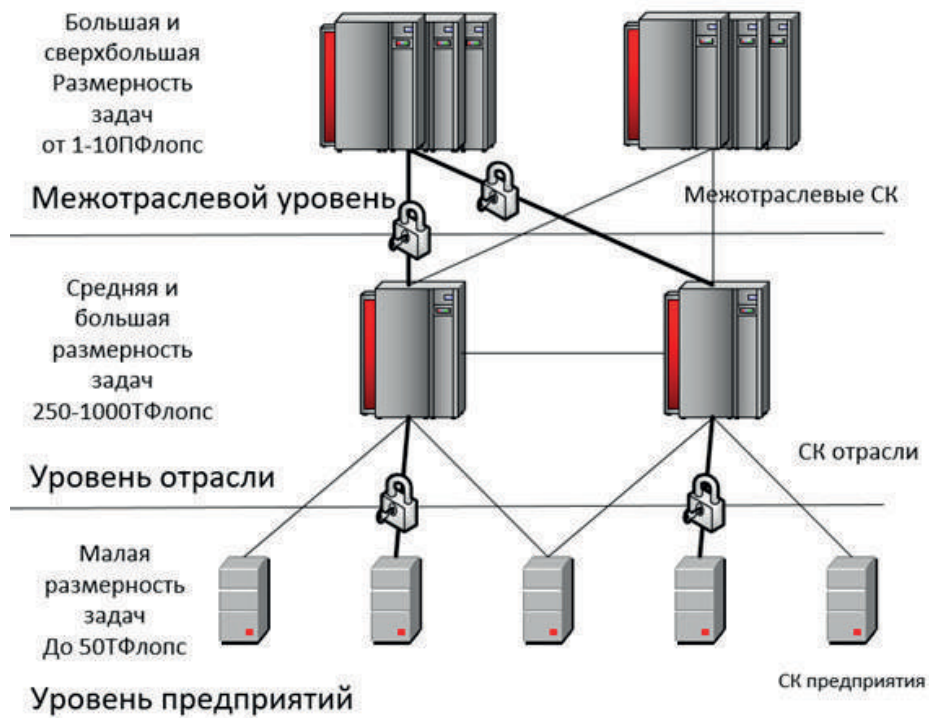


Рисунок 8.5 Центры коллективного пользования (в части суперкомпьютеров) на различных уровнях иерархии

## **Глава 9. Реформирование научно-технологической сферы в Российской Федерации: проблемы и решения**

Руководство страны приняло ряд решений, направленных на реформирование научной сферы. Организуются интегрированные структуры прикладной науки в ключевых отраслях [79]. Их миссия – создание и внедрение эффективной системы управления прикладными НИР и развитием самих научных организаций. Эта система предусматривает (подробнее см. [53, 66]):

- количественную, более объективную, расчетную оценку «полезности» технологий и НИР, нацеленных на их разработку;
- количественную оценку готовности технологий к внедрению, рисков их разработки, потребных для этого кадровых, материальных, финансовых и временных ресурсов;
- проектные принципы управления реализацией самих НИР.

Цель реформирования сферы прикладных исследований и разработок состоит в повышении эффективности управления созданием новых технологий и развитием самой прикладной науки. Однако при внедрении новой системы управления возникает целый ряд проблем, подробнее рассмотренных далее. Представляется, что они имеют общие системные причины.

### **9.1 Институциональные проблемы управления научно-технологическим развитием**

Как показывает опыт, внедрение описанной выше формализованной системы управления прикладными НИР встречает сопротивление со стороны научных работников и руководителей научных организаций и подразделений. Актуально исследование механизмов мотивации к использованию новых принципов управления. Если эти управленческие инновации позволят значимо повысить продуктивность прикладных НИР, а также полезность их результатов для наукоемкой промышленности, это обеспечит ученым и материальный выигрыш, несмотря на дополнительные (или вытесняющие «полезную работу») усилия.

Руководство научных коллективов правомерно опасается, что объективная количественная оценка полезности разрабатываемых ими технологий приведет к закрытию многих проводимых в настоящее время работ (которые были начаты еще до внедрения формализованного целеполагания) как неприоритетных или бесперспективных.

Однако, если не будет обеспечена «прозрачность» ожидаемой результативности проводимых НИР, весьма вероятно тотальное сокращение финансирования всей прикладной науки, причем, по объективным причинам – поскольку



результаты ее функционирования не обеспечивают повышения уровня совершенства новой наукоемкой продукции. Такая возможность рассмотрена в работе [65] и практически уже реализуется, например, в авиационной науке – с 2015-2016 гг. Иначе говоря, не предъявляя явных оценок полезности различных НИР и проектов, и стремясь «размазать» ресурсы между ними, не выбирая приоритетов, прикладная наука накажет сама себя, причем, это коснется всех ученых. Фактически, здесь имеет место частный случай известной в институциональной экономической теории «проблемы безбилетника».

В настоящее время «рынок» прикладных НИР – это «рынок лимонов», т.е. рынок «благ» с непредсказуемым качеством, и цена, назначаемая заказчиком (а это, как правило, государственный заказчик-монополист), определяется исходя из среднестатистической продолжительности прикладных исследований и полезности их результатов (а чаще – как «прожиточный минимум» ученых и научных организаций, поскольку полезность их исследований и разработок неочевидна).

Сегодня сложно убедительно обосновать необходимость финансирования (особенно при ужесточении бюджетных ограничений) проведения тех или иных прикладных НИР, а также содержания и развития весьма дорогостоящих уникальных объектов экспериментальной базы. Нередко трудно оправдать иными аргументами (кроме социальных) содержание больших научных коллективов и, тем более, их пополнение за счет выпускников ведущих вузов.

Но повышение «прозрачности» НИР должно снизить неопределенность полезности результатов исследований и разработок для промышленности, а также сроков их достижения. Тогда, возможно, появятся объективные экономические основания и для повышения расходов на прикладные НИР – как суммарных, так и удельных. Причем, если на классическом «рынке лимонов» продавцы низкокачественных товаров не заинтересованы в повышении «прозрачности», поскольку опасаются проиграть, будучи не в состоянии повысить качество своего товара<sup>30</sup>, то в обсуждаемом случае практически все отраслевые ученые, как правило, обладают высокой квалификацией, а потому имеют возможность реального повышения и продуктивности своей работы, и полезности ее результатов (хотя бы за счет выбора более актуальных направлений исследований и разработок), что ослабляет мотивы для сопротивления. Формализованное целеполагание научно-технологического развития поможет указать ученым наиболее нужные, потенциально перспективные направления. Это особенно актуально для радикальных инноваций, преодоления технологических разрывов, когда прежние направления развития уже исчерпали свой потенциал, и важно правильно оценить, какие именно новые направления могут

---

<sup>30</sup> Впрочем, как показывает анализ рынка «лимонов», предпринятый в хрестоматийной работе [82] и в последующих работах, в итоге рынок коллапсирует, и проигрывают все, включая продавцов товара не самого высокого качества, который, тем не менее, мог бы найти своих покупателей по адекватной цене.

быть наиболее перспективными. Т.е. в долгосрочной перспективе объективная оценка «полезности» технологий – инструмент помощи исследователям, а ни в коем случае не их наказания или «отсева».

Повышение «прозрачности» научного «производства» благодаря внедрению объективных оценок уровней готовности технологий (УГТ) и эффективности технологий должно снизить неопределенность сроков достижения результатов, а также повысить их полезность для промышленности, национальной экономики в целом. Можно предположить, что тогда появятся объективные экономические основания и для повышения расходов (государства или заинтересованных корпораций) на прикладные НИР. При наличии относительно прозрачной системы количественного измерения полезности НИР и потребных затрат различных ресурсов появляется возможность гибкого управления затратами на прикладные НИР и отхода от преобладающего сейчас лимитного принципа финансирования, ориентированного лишь на выживание научных организаций. Для принятия оптимальных решений по объемам финансирования прикладных НИР требуется знать, с одной стороны, «функцию спроса» на новые технологии – в виде зависимости экономического эффекта от технологического уровня, а, с другой стороны – «функцию предложения» в виде зависимости затрат на НИР от достижимого в результате этих НИР уровня развития технологий. Далее используется стандартная маржиналистская методология (см., например, работу [74]): затраты на НИР и целевой уровень совершенства технологий целесообразно повышать до тех пор, пока их прирост не превысит прироста достигаемого благодаря этому экономического эффекта.

В противном случае остается лишь финансировать прикладную науку по лимитному принципу, сохраняя уровень финансирования постоянным и позволяющим поддерживать научные коллективы и экспериментальную базу. Отсюда и возник термин «поддержка науки», принижающий ее роль и оправдывающий ее отстранение от выработки управленческих решений. Однако оптимальный уровень затрат на прикладную науку может и должен быть выше «прожиточного минимума», если форсирование исследований позволяет отечественной наукоемкой промышленности достичь конкурентного преимущества. Оптимум может зависеть от емкости рынков, от стадии инновационного развития отрасли, т.е. от того, на каком участке S-образной кривой находятся технологии, что подробно исследовано в работе [74]. Кроме того, оптимальный уровень затрат на прикладную науку повышается по мере уточнения оценок «полезности» тех или иных технологий для промышленности, поскольку по мере уточнения оценок, можно отбирать для дальнейшей разработки все более и более эффективные<sup>31</sup>. Можно наглядно изобразить зависимость обоснованных объемов финансирования прикладной науки от точности оценок полезности разрабатываемых технологий следующим образом, см. рис. 9.1.



**Рисунок 9.1** Зависимость обоснованных объемов финансирования прикладной науки от точности оценок полезности разрабатываемых технологий

Таким образом, повышение «прозрачности» прикладной науки – отнюдь не игра с нулевой суммой, в отличие от внедрения формальных библиометрических критериев в фундаментальной науке, на основании которых предполагается отсеивать «малопродуктивный балласт» и перераспределять фиксированный объем финансирования в пользу «активно работающего научного сообщества» (об истинной эффективности таких механизмов подробнее см. [44]). Как показано здесь, формализованная оценка эффективности создаваемых технологий может способствовать и повышению объемов финансирования прикладной науки. Необходимо наглядно разъяснять такие возможности научным работникам и руководителям научных коллективов, поскольку во многом их сопротивление внедрению управленческих инноваций обусловлено ограниченной рациональностью.

Впрочем, предполагаемое улучшение качества планирования прикладных НИР, позволяющее повысить их общественную полезность и финансирование, проявится только в средне- и долгосрочной перспективе. Поэтому возникает следующая гипотеза: отношение к объективным оценкам «полезности» технологий зависит от стадии жизненного цикла исследователя. И потому польза, или, наоборот, опасность объективной оценки эффективно-

<sup>31</sup> При высокой неопределенности осторожное лицо, принимающее решения (ЛПР), вынуждено выбрать гарантирующую стратегию, т.е. такие проекты, которые обеспечивают наилучшие пессимистические оценки. При этом вполне возможно, что истинная эффективность таких гарантирующих проектов будет не наивысшей среди всех возможных вариантов, а отобрать более предпочтительные можно лишь при уточнении оценок эффективности, подробнее см. [27].

сти соответствующих направлений технологического развития по-разному может восприниматься, например, студентом, еще только выбирающим специализацию, и сложившимся ученым, несколько десятилетий развивающим собственное научное направление. Актуальна эмпирическая проверка этой гипотезы, а при ее подтверждении – разработка механизмов дифференцированного планирования карьеры ученых в зависимости от их индивидуальных характеристик – возраста, компетенций и др., и объективной оценки «полезности» их текущих разработок.

Прикладная наука должна выполнять поставленные перед ней (государством, обществом, бизнесом – в том случае, если он является платежеспособным заказчиком) задачи. Постановка задач верхнего уровня – социально-экономического развития и национальной безопасности – должна осуществляться на высшем политическом уровне государственного управления за пределами прикладной науки и конкретных отраслей. Их следует ставить «в общем виде» с указанием качественных характеристик. Попытки заранее конкретизировать пути их решения и количественные показатели непродуктивны, особенно в периоды смены технологических укладов, подробнее см. главы 2, 3 и работу [30]. Формирование требований к перспективным технологиям должно дополняться количественным анализом эффективности (с точки зрения достижения генеральных целей) альтернативных технических концепций и решений.

Необходимо четко разделять определение целей и способов их достижения, в т.ч. институционально. При прогнозировании и стратегическом планировании развития технологий следует выделять форсайты спроса и предложения (т.е. формирование требований «сверху вниз» и оценку возможностей «снизу вверх»). Смещение этих процессов приводит к некорректным результатам, а также к стратегическим просчетам в планировании технологического развития.

При сильном влиянии на постановку целей потенциальных исполнителей, чаще всего осуществляется планирование «от достигнутого». Цели ставятся таким образом, чтобы имеющиеся в отрасли исполнители могли их достичь в рамках привычных им технологий и решений (а также продемонстрировать постоянное улучшение показателей). При этом не ставятся амбициозные цели, тогда как с содержательной точки зрения (с позиций потребностей национальной экономики, безопасности и т.п.) это может быть необходимо. В период технологического разрыва обязательно выявится недостижимость таких целей в рамках традиционных технологий, необходимость реализации прорывных, радикальных инноваций, потребность в привлечении компетенций из других отраслей, т.е. межотраслевой интеграции. Традиционно принадлежащие к отрасли потенциальные исполнители работ, обладая определенными компетенциями, не заинтересованы в привлечении новых, и, тем более, в замещении своих компетенций сторонними. Тем не менее,

это приходится делать в процессе развития технологий.

Также институциональные проблемы сопровождают формирование тактических программ прикладных НИР, планирование конкретных научных проектов. С одной стороны, каждый проект подразумевает определенные этапы выполнения, причем, потребное количество занятых, необходимые объемы различных ресурсов и т.п. может существенно различаться на каждом этапе (в противном случае, это не проект, а стационарный процесс). С другой стороны, такое неравномерное планирование неудобно и невыгодно самим организациям-исполнителям, поскольку неясно, как менять количество занятых (применительно к высококвалифицированным специалистам и ученым невозможно быстро увольнять и нанимать их заново). В условиях нестабильного бюджетного финансирования руководители научных организаций и их подразделений опасаются, что, заявляя на начальных этапах меньшие потребности, они затем не смогут обосновать необходимость их повышения на последующих этапах. Это приводит к нерациональному использованию дефицитных ресурсов, невозможности маневрирования ресурсами. Таким образом, и «центр» несет потери из-за оппортунистического поведения агентов в этой игре. Агенты также несут потери, поскольку общий объем ресурсов сокращается, и ни один не может достичь своих целей.

На рис. 9.2 наглядно показано различие в запрашиваемых объемах ресурсов при «эгоистичной» стратегии руководителей проектов и при их «сознательном» поведении.

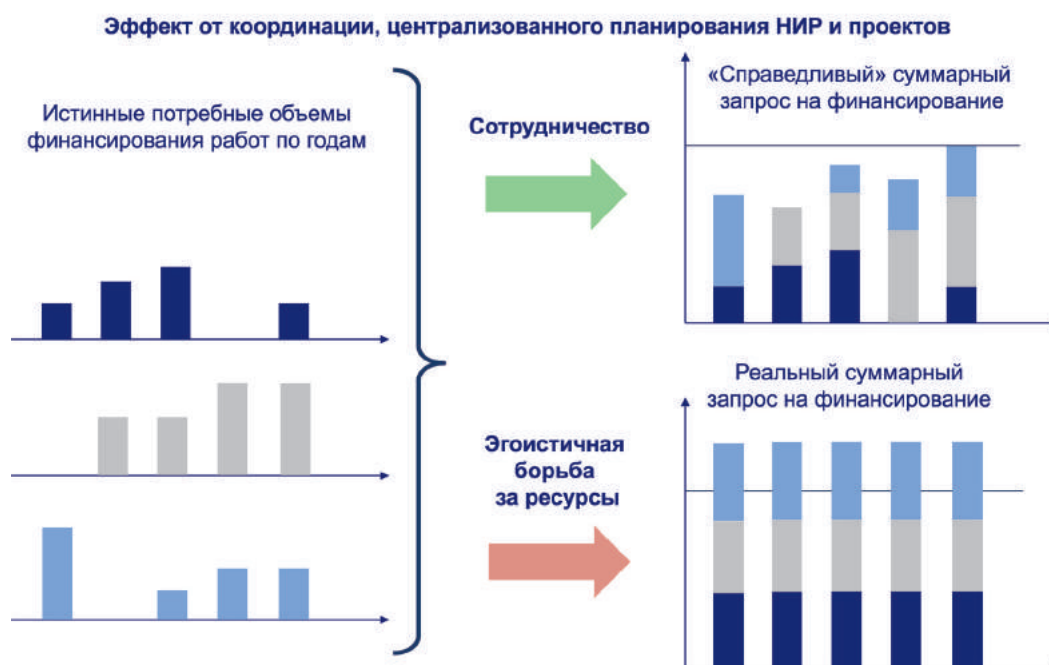


Рисунок 9.2 Динамика потребностей в ресурсах для реализации проектов (примеры)

Следовательно, описанная проблема актуальна с научной и практической точек зрения<sup>32</sup>, и необходим механизм, стимулирующий агентов к тому, чтобы они открыто сообщали о неравномерности своей потребности в ресурсах для реализации различных этапов своих проектов. Фактически, такой стимул у них может возникнуть лишь при одном необходимом условии. Каждый агент, соглашаясь на время уступить другим дефицитный ресурс, должен быть уверен в том, что он получит гораздо больший объем ресурсов тогда, когда ему действительно потребуется. И это не потребует от него значительных издержек на доказательство такой потребности, не будет значимого риска недополучить желаемый объем ресурсного обеспечения. В противном случае агенты будут заинтересованы в том, чтобы постоянно запрашивать максимально необходимый объем ресурсов, фактически, избыточных в течение большей части времени, даже рискуя получить меньше необходимого, поскольку нужного суммарного объема ресурсов «центр», скорее всего, не имеет сам.

Следовательно, поведение агентов зависит именно от политики «центра». И даже если в краткосрочной перспективе он заинтересован сэкономить, ужесточая для агентов возможное увеличение объема выделяемых ресурсов, в стратегической перспективе такая политика приводит к увеличению суммарных объемов запрошенных ресурсов и к недостижению ни одним из агентов поставленных целей.

Этот тезис перекликается с результатом работы [48], посвященной политике ценообразования на продукцию ОПК. В изучаемой там ситуации государственный заказчик-монопсонист, стремясь сэкономить на закупках в краткосрочной перспективе, часто назначает цену почти на уровне себестоимости. Но в долгосрочной перспективе такая политика приведет к уходу с рынка возможных поставщиков и его монополизации, с вероятным резким повышением цен закупаемой продукции.

Здесь же «экономная» политика «центра», финансирующего совокупность проектов, приведет к тому, что руководители этих проектов во все периоды их реализации будут стремиться запрашивать максимально возможные объемы финансирования. Причем, как правило, в силу информационной асимметрии, обоснованность их запросов не удастся аргументированно оспорить. В итоге придется ограниченный объем ресурсов «размазывать» между проектами, часть которых действительно нуждается в данный момент в больших объемах ресурсов, а часть – на самом деле требует на данном этапе гораздо меньше, чем запрашивает.

---

<sup>32</sup> Эта проблема является частным случаем проблемы распределения ограниченных ресурсов в социально-экономических системах, одной из главных проблем теории управления такими системами. В этой области широко известны работы в рамках теории активных систем, см. [9].

В обоих случаях стратегические долгосрочные соображения предписывают вместо такой «экономной» политики проводить более «дружественную» по отношению к наукоемкой промышленности и прикладной науке. В то же время, и последним необходимо обеспечить открытость в отношении качества и стоимости своей продукции, готовность удовлетворять потребности государственного заказчика.

В основном российские прикладные научные учреждения были созданы в предыдущую эпоху развития науки. Они функционируют как самоорганизующиеся системы. *«Такие системы дифференцируются на относительно автономные подсистемы, в которых происходит массовое, стохастическое взаимодействие элементов. Целостность системы предполагает наличие в ней особого блока управления, прямые и обратные связи между ним и подсистемами. Большие системы гомеостатичны. В них обязательно имеется программа функционирования, которая определяет управляющие команды и корректирует поведение системы на основе обратных связей»* [71].

С начала 1990-х гг. прикладные научные исследования в нашей стране почти не были востребованы. Даже в тех отраслях, где российские промышленные корпорации создавали новые продукты, например, в авиастроении, они, в основном, обходились НТЗ, созданным ранее, еще в советский период. Поэтому учреждения прикладной науки (в тех областях, где она сохранилась), в основном, решали задачу выживания, сохранения потенциала, причем, в автономном режиме. В этой связи такие практически автономные саморегулирующиеся системы слабо восприимчивы к внешнему реформированию и целеполаганию.

Критерием эффективности при реформировании прикладной науки можно считать, например, минимизацию затрат на создание в заданные сроки комплекса технологий, которые (при успешном внедрении в производство) могут обеспечить заданный вклад в социально-экономическое развитие страны и ее национальную безопасность. Это соответствует общенациональным государственным интересам. Однако для самих научных коллективов неочевидна выгода от такого «повышения эффективности» – тем более что для их значительной части оно подразумевает масштабные (и не всегда благоприятные) изменения.

Важную роль в развитии прикладной науки, в успехе или неудаче ее реформирования играет менеджмент научных организаций, имеющий собственные корпоративные интересы. Имеют свои ведомственные интересы и различные органы власти, в той или иной части регулирующие развитие прикладной науки и научных организаций. Работоспособные механизмы управления социально-экономическими и организационно-техническими системами обязаны учитывать активный характер управляемых систем,

которые состоят из «живых» объектов, имеющих собственные интересы [9]. Учет разнообразных интересов и их особенностей, понимание институциональных проблем и препятствий на пути проводимых преобразований позволяют достичь успеха реформы при условии создания необходимого методического инструментария управления.

Вместе с тем реформирование научной сферы должно учитывать и динамику развития самой науки как сложной системы. Гибкость, восприимчивость к изменениям характерна для саморазвивающихся систем, которые *«представляют собой еще более сложный тип системной целостности, чем саморегулирующиеся системы. Этот тип системных объектов характеризуется развитием, в ходе которого происходит переход от одного вида саморегуляции к другому... Саморазвивающимся системам присуща иерархия уровней организации элементов и способность порождать в процессе развития новые уровни организации. Причем каждый такой новый уровень оказывает обратное воздействие на ранее сложившиеся, перестраивает их, в результате чего система обретает новую целостность. С появлением новых уровней организации система дифференцируется, в ней формируются новые, относительно самостоятельные подсистемы. Вместе с тем перестраивается блок управления, возникают новые параметры порядка, новые типы прямых и обратных связей»* [71].

Следует стремиться к формированию прикладной науки как саморазвивающейся системы, восприимчивой к фундаментальным открытиям, которая выступала бы как активная движущая сила перехода к новым технологическим укладам (а не объект регулярного реформирования). Причем, цели ее развития должны быть согласованы с национальными интересами страны – тем более что прикладная наука в ведущих технологически развитых державах функционирует при государственной поддержке.

## **9.2 Проблемы функционирования центров управления прикладной наукой**

Особый класс проблем связан с возникновением «управляющих компаний», «исследовательских холдингов» в прикладной науке – например, национальных исследовательских центров. Как сказано выше, они и являются институтами, развивающими вышеописанную новую систему управления прикладной наукой и внедряющими ее в научно-исследовательских организациях (для краткости назовем их НИИ, научно-исследовательские институты, хотя далеко не все они имеют такой статус и название), переданных им под управление.

Прежде всего, появляется новое звено в системе управления. Если ранее НИИ государственного сектора прикладной науки, как правило, напрямую подчинялись соответствующим министерствам или их отраслевым департаментам, финансировались и контролировались ими, то сейчас эту роль



выполняют центры управления прикладной наукой. Наглядно различие в структурах управления показано на рис. 9.3 и 9.4.



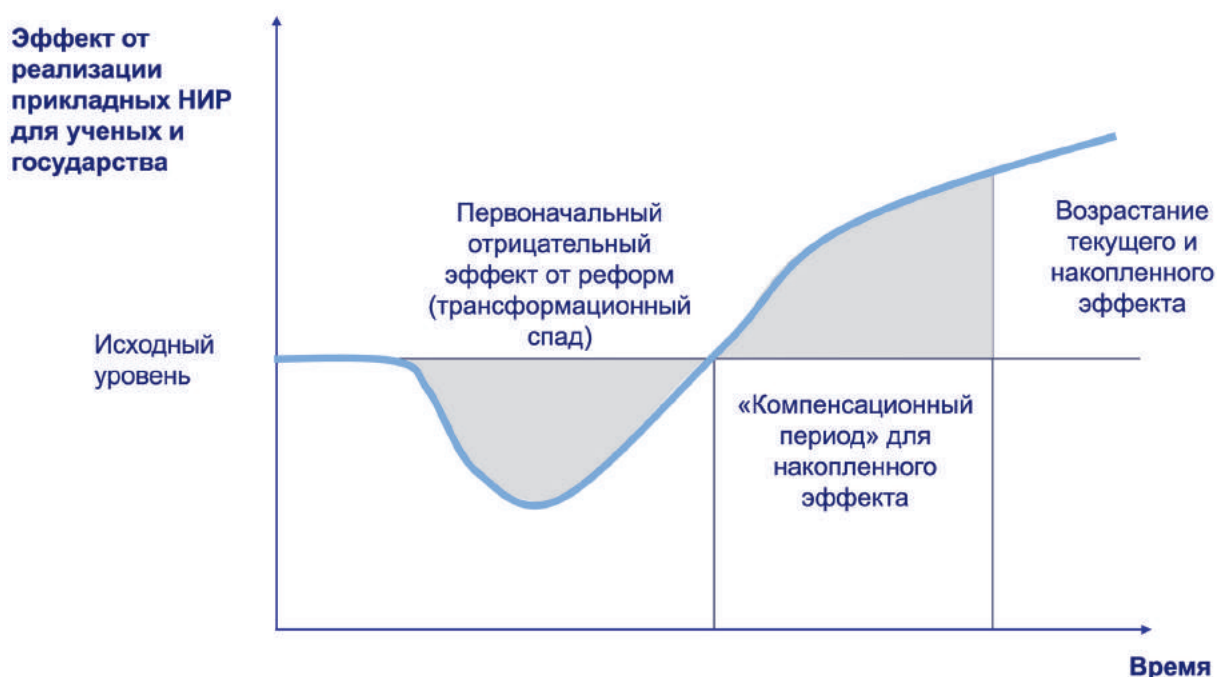
**Рисунок 9.3 Традиционная структура управления и финансирования прикладной науки в России (на примере авиастроения)**



**Рисунок 9.4 Перспективная структура управления и финансирования прикладной науки в России, включающая национальные исследовательские центры (на примере авиастроения)**

В соответствии с декларируемыми принципами, национальные исследовательские центры планируют НИР и мероприятия по развитию самих НИИ, прозрачным образом обосновывая необходимый объем затрат, полезность создаваемых технологий для государства и общества. Разумеется, такая деятельность с формальной точки зрения однозначно полезна и заслуживает всесторонней поддержки, как «сверху», на уровне органов государственного управления, так и «снизу», на уровне управляемых НИИ. Первым центры прикладной науки помогают выполнять функции «квалифицированного заказчика» в сфере прикладных исследований и разработок. Вторым, как обосновано выше – работать более эффективно, с государственной точки зрения, и в долгосрочной перспективе обеспечить более высокое и стабильное финансирование.

Однако в реальности деятельность таких центров встречает сопротивление как «снизу», так и «сверху». Отчасти это вызвано эффектами «переходного этапа», суть которых наглядно показана на рис. 9.5.



**Рисунок 9.5 Эффект от изменения системы управления прикладными научными исследованиями в зависимости от горизонта планирования**

В краткосрочной перспективе, как подробно показано выше, повышение «прозрачности» влечет за собой, в основном, потери для многих ученых, научных коллективов и организаций. При этом возрастает объем отчетности, доля времени, которую приходится тратить не на исследования и разработки, а на управленческую, «транзакционную» деятельность. В конце концов, даже с учетом того, что такие центры, как правило, малочисленны, но они все-таки претендуют на часть скудного объема ресурсов, выделяемых прикладной нау-

ке – тогда как его повышению они пока не успели поспособствовать. Даже сама разработка вышеописанной системы управления прикладной наукой, ее методического и нормативного обеспечения – трудоемкий процесс, требующий нескольких лет и привлечения многих внешних компетенций. Все это вызывает негативную реакцию среди ученых НИИ. Смягчить ее возможно лишь благодаря прозрачной информационной политике, популяризации развиваемых принципов управления среди широких слоев ученых и исследователей. Их необходимо, во-первых, обучать тем методам и процедурам, которые им придется применять в рамках новой системы. Во-вторых, что немаловажно – сразу откровенно и четко описывать им конкретные перспективы повышения эффективности их работы, с точки зрения государственных интересов, и, в конечном счете, перспективы роста их благосостояния, пусть и не мгновенного (в принципе, ученые и так выбрали профессию, в которой профессиональный рост может быть долгим – но перспектива окупает усилия).

Но есть факторы сопротивления самому появлению таких центров и внедрению новой системы управления и в долгосрочной перспективе. Такая система управления, «по науке», на основе формализованных процедур, объективных и прозрачных оценок, устраняет прежние теневые механизмы управления, которые складывались между менеджментом НИИ и профильными федеральными органами исполнительной власти (ФОИВ). В отсутствие четких формализованных механизмов целеполагания, ясных правил определения потребности в ресурсах и контроля результативности НИР, вопросы планирования и приемки НИР, финансирования НИИ решались в рамках неформальных институтов. Разнообразные экспертные советы (как механизм, по определению, неформального принятия решений), состоящие из квалифицированных ученых, нередко служили официальной ширмой для неофициальных механизмов. Участники последних, умея в рамках таких правил игры добиться выделения лимитов тем или иным НИИ, благополучной приемки результатов НИР, получали за эти навыки «политическую ренту». В новой системе управления роль таких компетенций менеджмента НИИ резко падает, или даже исчезает полностью.

Что касается профильных ФОИВ, они также теряют значительную власть над прикладной наукой, которая теперь выступает не в роли просителя, неспособного объективно обосновать необходимость своего финансирования (иначе как соображениями социального обеспечения ученых), а в роли полноправного партнера государства, требующего обоснованного объема ресурсов на выполнение насыщенных национальных задач.

Кроме того, поскольку эти министерства или их отраслевые департаменты, регулируют государственное финансирование всей «цепочки» в своих отраслях – прикладной науки, инженерных организаций и «реального сектора» (промышленности, транспортных, медицинских и т.п. организа-

ций), усиление позиций первого звена в этой цепочке создает проблемы для ФОИВ, призванных балансировать интересы всех организаций своей отрасли. В краткосрочной перспективе придется перераспределить средства в пользу науки, в ущерб более крупным и политически влиятельным игрокам, организациям промышленности.

Разумеется, в большинстве отраслей действует закон «1-10-100», выражающий по порядку величины соотношение потребных затрат на разных стадиях жизненного цикла. Прикладная наука требует на порядок или два меньших объемов финансирования, по сравнению с «реальным сектором». И тем не менее, при дефиците ограниченных ресурсов организации промышленности часто склонны сократить финансирование научных организаций, несмотря на то, что такая политика в долгосрочной перспективе лишает их НТЗ для создания новых поколений продукции.

В настоящее время сохраняется антагонистический конфликт по поводу дефицита фиксированных сумм государственных субсидий между промышленностью и отраслевой наукой. Как правило, расходы собственно на промышленные предприятия, их техническое перевооружение, разработку новой продукции, и расходы на прикладные НИР определяются в рамках Государственных программ развития соответствующих наукоемких отраслей – авиастроения, судостроения и т.п., см. [21, 22], и уже внутри этих программ происходит перераспределение фиксированных общих объемов финансирования между промышленностью и прикладной наукой. На краткосрочных временных интервалах это, действительно, игра с нулевой суммой, поскольку отдача от науки на таких интервалах невозможна. Однако на долгосрочных интервалах рациональное инвестирование в прикладные НИР повышает конкурентоспособность промышленности и ее доходы. Т.е. возможно улучшение по Парето за счет увеличения инвестиций в прикладные НИР. В то же время, сами представители промышленности могут не осознавать таких возможностей, оперировать более короткими горизонтами планирования, а также – в силу отмеченных выше недостатков организации прикладной науки и низкой ее результативности в предшествующий период – могут не верить в возможность получения такой отдачи. Эти факторы и обуславливают антагонизм в распределении средств (подчеркнем, госбюджетных) между наукой и промышленностью. Но если российская наукоемкая промышленность рассчитывает в будущем «слезть с дотационной иглы» (на которой, например, авиастроение находится до сих пор, в т.ч. и на стадии серийного производства разработанных и сертифицированных изделий, см. [38]), единственный шанс (именно шанс, но не гарантию) дает именно научно-технический задел. В то же время, только повышение эффективности работы отечественной наукоемкой промышленности дает шанс прикладной науке на увеличение (или хотя бы сохранение) объемов финансирования. Поэтому основания для антагонизма прикладной

науки и соответствующих отраслей наукоемкой промышленности будут ослабевать по мере повышения «прозрачности» прикладных исследований и разработок. Промышленным организациям не следует рассматривать повышение финансирования науки как игру с нулевой суммой в соответствующей отрасли. В долгосрочной перспективе создание новых эффективных технологий позволит существенно повысить эффективность продукции «реального сектора», его производственных процессов и, в конечном счете, благосостояние его работников. В некоторых отраслях только новые технологии позволят российским промышленным организациям стать конкурентоспособными и рентабельными, хотя бы и в долгосрочной перспективе.

### **9.3 Предложения по реструктуризации российских научных организаций и их объединений**

Территориально-отраслевая структура науки и передового инженерно-технического творчества, формы (функциональные, организационные, правовые и пр.) их взаимосвязи с производством за постсоветские годы в нашей стране претерпели коренные качественные изменения, во многом принося в противоречие с доставшейся от социалистического хозяйства системой научного поиска, технического творчества и выработки инноваций, основы которой были заложены еще в 50–60-х годах XX в. в рамках «социалистических» (нерыночных) принципов государственного управления и соответствующих инвестиционно-финансовых подходов. По мере восстановления прикладной науки в России, она должна занять соответствующее ей место в процессах создания новых знаний, технологий и наукоемкой продукции, а также в системе управления экономическим и научно-технологическим развитием.

При наличии крупных исследовательских центров, выполняющих ключевые управленческие функции (прогнозирование и стратегического планирования научно-технологического развития, координации крупных комплексных научно-технологических проектов), можно уточнить и роль прикладной науки во взаимодействии с фундаментальной наукой и промышленностью – она не просто располагается в жизненном цикле знаний, технологий и наукоемкой продукции «между» организациями фундаментальной науки и наукоемкой промышленностью (такое описание ее места неконкретно и носит лишь декларативный характер). На рис. 9.6 изображена предлагаемая схема взаимодействия фундаментальной, прикладной науки и промышленности, включая обмен информационными потоками и управляющими воздействиями. Так, ведущие исследовательские центры прикладной науки должны быть наделены правами участия в формировании и согласовании стратегий развития наукоемкой промышленности. Поскольку основные ее отрасли в России (как и в ведущих зарубежных индустриальных державах) развиваются при решающей роли государственной поддержки (вплоть до прямой финансовой помощи), го-

сударство имеет право контролировать эффективность развития этих отраслей. Соответственно, прикладная наука может выполнять функцию контроля эффективности разработки и производства новой продукции, выполняемых с привлечением средств государственного бюджета. При этом, разумеется, корпорации промышленности имеют право участвовать в экспертизе планов и результатов прикладных исследований в качестве их потенциальных потребителей. В то же время, важно подчеркнуть, что они не являются заказчиками прикладных исследований – за исключением тех, которые сами инициируют и финансируют за счет собственных средств. Фактически, научно-технический задел, создаваемый (в т.ч. и в странах с либеральной рыночной экономикой) в государственном секторе прикладной науки, является субсидией наукоемкой промышленности, одной из главных форм ее государственной поддержки.



**Рисунок 9.6 Взаимосвязь науки и промышленности в рамках жизненного цикла наукоемкой продукции**

Фундаментальную науку в России также не минует реорганизация (тем более, что она уже была начата в 2013 г. в рамках т.н. реформы РАН, и весьма радикальным образом). Необходимо, чтобы она проводилась не волюнтаристским образом, а научно обоснованным, исходя из объективных императивов развития науки и национальных интересов. В то же время, институты фундаментальной науки, в самом деле, можно структурировать – но не путем ранжирования их на сорта, «лидеров» и «отстающих», как традиционно предлагается (в работе [44] предложен метод прогнозирования эффективности такого ранжирования отдельных ученых; при попытках применить его к организациям в целом, потери могут быть гораздо выше). Может быть,

в принципе, обоснованная структуризация научных организаций лишь в соответствии с их ролью в инновационном цикле, включающем в себя создание знаний, технологий и новой продукции.

Разделение научных организаций по видам исследований можно увидеть на примере многих развитых стран-экспортеров, занимающих лидирующие позиции на мировых рынках высокотехнологичной продукции. Например, в структуре науки Германии прослеживается вышеуказанное разделение на фундаментальную и прикладную науку, см. рис. 9.7.

Общество Макса Планка – некоммерческое партнерство, объединяющее институты «чистой» фундаментальной науки. Напротив, Общество имени Фраунгофера (Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., FhG) – ведущее объединение институтов прикладных исследований Германии, в состав которого входят прикладные научные центры, создающие технологии в интересах разных отраслей.

Научно-исследовательское общество имени Готтфрида Вильгельма Лейбница (Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz e. V., WGL) объединяет высшие научные учреждения Германии во всех отраслях научного знания. Также действует Объединение немецких научно-исследовательских центров имени Гельмгольца (Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e. V., HGF) – крупнейшая научно-исследовательская организация Германии, состоящая из 18 естественнонаучных, технических и медико-биологических исследовательских центров.



Рисунок 9.7 Структура научных организаций и сообществ в ФРГ

Другой пример – Япония, где формирование новой системы управления наукой и технологиями завершилось в начале 2000-х годов. В частности, в рамках реформ в 2001 году был создан Национальный институт передовой промышленной науки и технологий (AIST) – крупнейшее объединение научных организаций, которое занимается проведением исследований и разработок по всему спектру научных дисциплин и областей техники. В его состав входят два вида научных организаций.

Исследовательские институты ориентированы на фундаментальные исследования, которые планируются «снизу вверх» по предложениям самого научного сообщества и рассчитаны на длительные горизонты.

Исследовательские центры проводят прикладные исследования, нацеленные на конкретные результаты, причем, они должны быть получены в пределах 7 лет, поскольку их ожидает наукоемкая промышленность. Разумеется, это означает иной уровень ресурсного обеспечения, но и иной уровень ответственности. Исследовательские центры уже управляются по вертикали «сверху вниз» (признаки вертикальной иерархии).

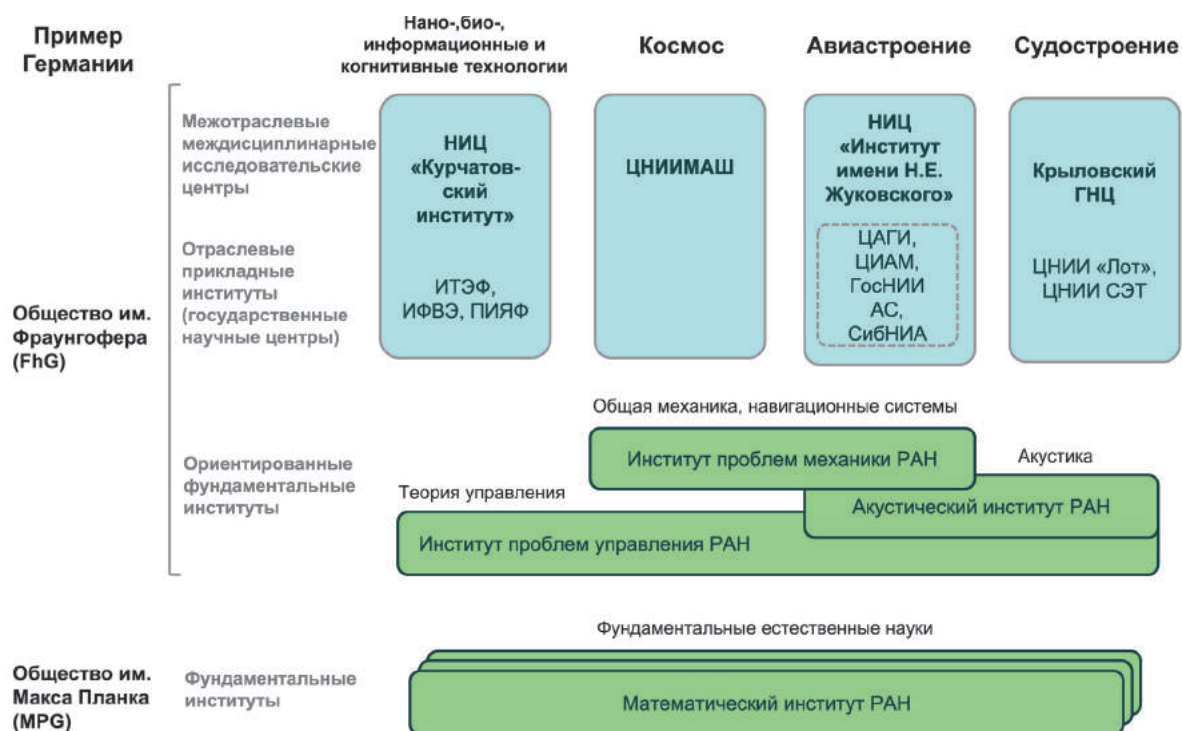
По итогам первого этапа реформы Российская академия наук как объединение институтов и управляющая их деятельностью структура уступила место Федеральному агентству научных организаций (ФАНО), а затем – Министерству науки и высшего образования. В рамках ФАНО уже были подготовлены определенные предложения по структуризации научных организаций, см. [61] Они, в частности, предусматривают формирование федеральных исследовательских центров (далее ФИЦ; несколько таких центров уже образовано путем слияния близких по тематике институтов РАН), и национальных исследовательских институтов (далее НИИ). При этом НИИ ориентированы, главным образом, на «чистую» фундаментальную науку, тогда как ФИЦ призваны сопровождать исследования и разработки вплоть до внедрения в промышленность, что предполагает обладание, в т.ч., развитой экспериментальной (и, возможно, даже производственной) базой.

Можно заметить, что многие институты РАН в кризисные десятилетия – в поисках источников финансирования, а также для заполнения разрыва, образовавшегося при исчезновении прикладной науки – фактически, взяли на себя функции последней, занимаясь разработкой конкретных технологий по заказам конкретных предприятий, российских и зарубежных. Многие научные коллективы достигли на этом пути убедительных успехов. В то же время, как правило, эти «стратегии выживания» реализовались на уровне лабораторий или даже отдельных ученых, без централизованной координации как со стороны отраслей-заказчиков, так и со стороны РАН (что было вынужденным решением по децентрализации управления в период выживания). В то же время сохранились и организации, занимающиеся «чистыми» фундамен-



тальными исследованиями. На рис. 9.8 наглядно показана типизация фундаментальных научных организаций в зависимости от их места в инновационном цикле. В левой части рисунка показана аналогия между фактически сложившимися типами фундаментальных институтов в нашей стране и официальными объединениями научных организаций в Германии:

- на основе научных организаций, обеспечивающих формирование задела новых знаний в основных областях фундаментального научного поиска (т.е. «чистой» фундаментальной науки), сформировалось Общество Макса Планка;
- на основе многопрофильных межотраслевых научных организаций, проводящих исследования и разработки в нескольких приоритетных областях развития науки и технологии, от фундаментальных и поисковых исследований, до разработки технологий промышленного уровня готовности, сформировалось Общество Фраунгофера.



**Рисунок 9.8 Предложения по структуризации научных организаций**

На основании выполнения многими институтами РАН прикладных исследований, возникают предложения по включению тех или иных академических организаций (в целом или по частям) в состав крупнейших центров прикладной науки. Однако это представляется нецелесообразным в связи с межотраслевым характером большинства академических институтов, даже ориентированных на прикладные исследования. Наглядно это проиллюстрировано на том же рис. 9.8. Одним из ярчайших примеров межотраслевого характера академических институтов является Институт проблем

управления им. В.А. Трапезникова РАН, ученые которого вносят вклад в разработку систем и алгоритмов управления подвижными объектами в авиации, космосе, судостроении, управления промышленными объектами, энергосистемами, организационно-техническими и социально-экономическими системами. Причем, по ряду направлений был реализован практически полный инновационный цикл, за исключением, разве что, серийного производства. Тем не менее, несмотря на многообразие приложений, в основе всех исследований и разработок, проводимых в данном институте, лежит фундаментальная дисциплина – теория управления, которую развивают (именно в качестве отрасли прикладной математики) соответствующие теоретические лаборатории. Разделение даже «прикладных» подразделений таких институтов между теми отраслями, на которые эти подразделения ориентированы, нецелесообразно. Проведение исследований в интересах нескольких отраслей позволяет распределять постоянные издержки на большее количество наукоемкой продукции, минимизируя затраты, в т.ч., на экспериментальную базу, на сертификацию продукции и т.п.

Для перехода к количественным оценкам эффективности тех или иных организационных структур в фундаментальной науке и построения экономико-математических моделей можно использовать тот же подход, который был предложен для оценки эффективности реструктуризации высокотехнологичной промышленности в работах [39, 7]. Можно выделить «общие» постоянные издержки на исследования, носящие фундаментальный характер, а также «специфические» издержки, соответствующие отдельным приложениям. Легко показать, что, чем шире спектр приложений, тем на большее количество прикладных разработок и, в конечном счете – наукоемких продуктов – распределяются «общие» затраты на фундаментальные исследования. Это позволяет сконцентрировать «критическую массу» ученых, развивающих фундаментальный инструментарий – вполне возможно, что в интересах одного или немногих приложений такая «критическая масса» не могла бы быть создана. Причем, здесь, в отличие от аналогичных изменений в сфере организации промышленности, можно ожидать не только снижения затрат, но и повышения результативности. Многообразие приложений фундаментальной дисциплины обогащает ее, нередко приводя к разработке для нужд какой-то одной прикладной области такого аппарата, который потом будет применяться и в других областях.

Кроме того, исчерпание возможностей достижения «прорывных» результатов в рамках традиционных изолированных дисциплин заставляет искать научные прорывы на стыке наук и отраслей. Необходимо обеспечить межотраслевое и междисциплинарное взаимодействие научных организаций, конвергенцию научных дисциплин, что станет невозможным при разделении многопрофильных организаций фундаментальной науки и присоединении их частей к отраслевым прикладным научным центрам. Именно

крупные и многопрофильные академические институты могут обеспечить междисциплинарную интеграцию исследований.

Для координации прикладных исследований и разработок, проводимых в фундаментальных научных организациях, достаточно участия ведущих центров прикладной науки в формировании программы фундаментальных исследований (что и показано схематично на рис. 9.8). По существу, такие центры прикладной науки должны сформировать (на основе своих прогнозов и планов развития технологий) запрос на ориентированные фундаментальные исследования, определить «дефицит» фундаментальных знаний, который целесообразно восполнить.

Целесообразно ли формальное деление фундаментальных институтов «вдоль» жизненного цикла с образованием аналогов обществ Фраунгофера и Планка (которое, заметим, не противоречит сложившемуся делению академических институтов по отраслям наук и дисциплинам) – предмет дальнейшего научного анализа, как и вопрос о рациональной организационной структуре фундаментальной науки в целом. В любом случае, основанием для структуризации научных организаций ни в коем случае не должны быть соображения ранжирования, деления на «лидеров» и «отстающих», как в проекте [61]. Здесь предложены иные подходы к выбору перспективной организационной структуры науки, требующие дальнейшего развития в направлении построения количественных моделей.

#### **9.4 Предложения по изменению нормативно-правового регулирования научно-технологического развития**

Проблемы развития прикладной науки в Российской Федерации носят системный характер и не сводятся исключительно к недостаточности ресурсного обеспечения. Не урегулированы законодательно вопросы о роли и месте прикладной науки в национальной инновационной и научно-технологической системе, в управлении экономическим и научно-технологическим развитием, в формировании промышленной политики. Правовой статус прикладной науки не урегулирован действующим федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» № 127-ФЗ от 23 августа 1996 года (Законом о науке). Не определены роль и место организаций прикладной науки в жизненном цикле образцов вооружений, военной и специальной техники (далее – ВВСТ).

В настоящее время организации прикладной науки имеют различные организационно-правовые формы – от федеральных госучреждений, как Национальные исследовательские центры, до акционерных обществ. При этом стратегическое планирование, прогнозирование научно-технологического развития, а также управление и финансирование создания научно-техни-

ческого задела – важнейшая государственная функция. Исходя из этого, предлагается система мер по совершенствованию нормативно-правового регулирования развития прикладной науки в Российской Федерации.

#### **9.4.1 Предложения к проекту нового Федерального закона «О научной и научно-технической деятельности в Российской Федерации»**

Необходимо системное совершенствование нормативно-правовой базы управления научно-технологическим и инновационным развитием. Поэтому разработка нового законопроекта на смену действующему федеральному закону «О науке и государственной научно-технической политике» № 127-ФЗ от 23 августа 1996 года актуальна и своевременна. В то же время, для системного решения проблем научно-технологического развития необходимо отразить в новом законе о науке (каким бы ни было его конкретное название) ряд принципиальных положений.

Прежде всего, необходимо четкое разграничение фундаментальной, прикладной науки, научно-исследовательских работ (далее – НИР) и опытно-конструкторских работ (далее – ОКР) как видов научной и научно-технической деятельности. Реализация проектов полного цикла, предусмотренных стратегией научно-технологического развития, требует четкого разграничения видов исследований и разработок, и установления полномочий и ответственности организаций, выполняющих различные виды исследований и разработок, по отношению к другим участникам полного цикла создания знаний, технологий и наукоемкой продукции.

В составе основных понятий, используемых в законе, необходимо ввести понятие научно-технического задела. Явно указать на необходимость его опережающего создания и ориентацию всех норм и механизмов на обеспечение этого требования.

В статьях, регулирующих оценку результативности организаций, осуществляющих научную, научно-техническую деятельность, учесть, что в сфере прикладной науки необходима не только качественная, но именно количественная оценка значимости результатов. Она должна отражать достигнутый уровень совершенства технологий и уровень достижения генеральных целей технологического развития – показателей конкурентоспособности перспективной продукции, основанной на этих технологиях, ее эффективности в решении государственных оборонных или социальных задач.

В то же время количественная оценка результативности научной деятельности не обязательно принимает форму наукометрической (которая подвергается справедливой критике и в сфере фундаментальной науки, и никак не отражает «значимость достигнутых результатов»). Поэтому целесообразно ввести следующую норму:

«Оценка результативности научной, научно-технической деятельности научной организации – сопоставление количественных и качественных показателей деятельности такой организации в целях определения значимости достигнутых результатов»

В статьях, регулирующих источники и формы финансирования научной, научно-технической и инновационной деятельности, необходимо явным образом отразить следующую норму:

«Финансирование прикладных научных исследований, экспериментальных разработок, направленных на создание научно-технического задела по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации, осуществляется за счет средств федерального бюджета.»

На стадии проблемно-ориентированных исследований применяется венчурное управление и финансирование; на стадии комплексных научно-технологических проектов используются проектные принципы управления и финансирование с учетом высоких рисков.

Это актуально, поскольку, в силу непонимания сути прикладных исследований и разработок, нередко предлагается финансирование прикладных научных исследований, экспериментальных разработок осуществлять преимущественно за счет средств корпораций и интегрированных структур высокотехнологичной промышленности. Такое решение является опасным, экономически неэффективным и не учитывает следующих факторов:

- НИР, даже прикладные, являются высокорисковым видом деятельности, требуется диверсификация направлений поиска и разработки технологий, которая возможна лишь при их централизованном проведении в государственном секторе прикладной науки;
- децентрализация разработки технологий приводит к дублированию прикладных НИР в корпорациях и перерасходу ограниченных ресурсов (тем более, что сами корпорации многих отраслей российской промышленности дотируются из госбюджета);
- корпорации промышленности не имеют достаточного горизонта планирования для создания опережающего научно-технического задела, что на практике неизбежно приводит к тому, что высокорисковые разработки на долгосрочную перспективу не проводятся, корпорации ограничиваются эволюционным улучшением известных продуктов и, в конце концов, проигрывают зарубежным конкурентам при переходе к новым технологическим укладам;
- государственное субсидирование прикладных НИР, разработка технологий в государственном секторе прикладной науки является наиболее эффектив-

ной формой государственной поддержки развития высокотехнологичной промышленности, не противоречащей принципам свободной конкуренции, а также международным обязательствам России;

- в ведущих зарубежных технологически развитых державах создание ключевых технологий (в рамках прикладных НИР) планируется, контролируется и финансируется государством, являясь основным инструментом промышленной политики.

Фактически, российскому государству предлагается отказаться от самого действенного рычага влияния на технологическое и экономическое развитие страны, а российскую высокотехнологичную промышленность предлагается поставить в заведомо проигрышное положение в сравнении с зарубежными конкурентами.

#### **9.4.2 Предложения о внесении изменений в Бюджетный кодекс и Приказ Минфина России от 01.07.2013 N 65н "Об утверждении Указаний о порядке применения бюджетной классификации Российской Федерации"**

Согласно требованиям Бюджетного кодекса (статья 21) с состав классификации расходов бюджета как единые для бюджетов бюджетной системы выделены подразделы классификации расходов бюджетов:

В разделе «общегосударственные вопросы» в том числе:

- фундаментальные исследования;
- прикладные научные исследования в области общегосударственных вопросов
- В разделе «национальная оборона» в том числе:
- прикладные научные исследования в области национальной обороны.
- В разделе «национальная экономика» в том числе:
- прикладные научные исследования в области национальной экономики.

Детализация кодов классификации расходов бюджета устанавливается Приказом Минфина России от 01.07.2013 N 65н "Об утверждении Указаний о порядке применения бюджетной классификации Российской Федерации".

**Приказ № 65н** устанавливает принципы назначения, структуру, общие требования к порядку формирования и применения кодов бюджетной классификации Российской Федерации, а также порядок присвоения кодов составным частям бюджетной классификации Российской Федерации, ко-

торые в соответствии с Кодексом являются едиными для бюджетов бюджетной системы Российской Федерации.

**Приказом № 65н:**

по подразделу 0112 «Прикладные научные исследования в области общегосударственных вопросов» подлежат отражению расходы на выполнение по государственным контрактам научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в области общегосударственных вопросов, возникающих в рамках выполнения функций органами государственной власти, органами местного самоуправления, на обеспечение деятельности учреждений по осуществлению прикладных исследований и разработок в указанной сфере деятельности, а также осуществляющих прикладные научные исследования научных учреждений, не отнесенные на иные подразделы классификации расходов бюджетов, на государственную поддержку в области развития науки, техники и технологий и в иных областях по отдельным решениям Президента Российской Федерации и Правительства Российской Федерации.

в подразделе 0208 "Прикладные научные исследования в области национальной обороны" подлежат отражению расходы на выполнение по государственным контрактам научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в области национальной обороны, а также на обеспечение деятельности учреждений по осуществлению прикладных исследований и экспертных разработок, связанных с национальной обороной..., а также оплата работ по государственному оборонному заказу в части научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, экспериментальных разработок, связанных с обороной, утилизацией и ликвидацией вооружения, военной техники, химического оружия и др.

по подразделу 0411 "Прикладные научные исследования в области национальной экономики" подлежат отражению расходы на выполнение по государственным контрактам научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ в области национальной экономики, на обеспечение деятельности учреждений по осуществлению прикладных исследований и научных разработок в указанной сфере деятельности..., а также на предоставление субсидий бюджетным, автономным учреждениям и иным юридическим лицам на осуществление и обеспечение проведения прикладных исследований и научных разработок в указанной сфере деятельности.

Таким образом, Бюджетный кодекс, по сути объединяет расходы на проведение научно-исследовательских и выполнение опытно-конструкторских и технологических работ.

Предлагается внести изменения в состав классификации расходов Бюд-

жетного кодекса, выделив 2 подраздела в каждом разделе, содержащем подраздел «прикладные научные исследования»:

- прикладные научные исследования;
- опытно-конструкторские и технологические работы.
- в следующих разделах (и соответствующих им областях):
- «общегосударственные вопросы»;
- «национальная оборона»;
- «национальная экономика».

Необходимо внести изменения в Приказ Минфина № 65н в части требований к составу расходов, включаемых в вышеназванные подразделы.

Необходимость разделения бюджетных статей «Научно-исследовательские работы» и «Опытно-конструкторские работы» обусловлена следующими причинами.

Во-первых, опытно-конструкторские работы направлены на создание конкретных образцов продукции. Научно-исследовательские работы (прикладные) направлены на разработку технологий, которые могут являться основой для создания этих образцов. Прикладные научные исследования, хотя они и направлены на достижение конкретной цели – повышение уровня технического совершенства перспективной продукции, тем не менее, являются высокорисковым видом деятельности. Сроки достижения заданного уровня совершенства технологий, как и необходимые для этого ресурсы, не поддаются жесткому планированию. Поэтому на этапе прикладных исследований и разработок адекватным будет только сочетание

- венчурного управления и финансирования (на стадии проблемно-ориентированных исследований),
- и проектных принципов (на стадии комплексных научно-технологических проектов), с учетом высоких рисков и возможности отрицательного результата в отдельных научно-технологических проектах и научно-исследовательских работах.

При этом нецелесообразно рассчитывать на привлечение внебюджетных источников финансирования на этапе прикладных НИР.

На этапе разработки конкретных образцов продукции риски (при условии надлежащего проведения научно-исследовательских работ) уже снижены



до приемлемого уровня, что позволяет использовать классическое проектное управление и финансирование, нацеленное на создание и последующую реализацию продукции.

Кроме того, сами показатели результативности НИР и ОКР различны. Если показатель результативности ОКР – соответствие разработанного образца продукции требованиям заказчика, то показатели результативности НИР – уровни совершенства и уровни готовности разработанных технологий, а также возможности их применения для создания многих конкретных образцов продукции.

Таким образом, существенно различаются как ожидаемые результаты НИР и ОКР, так и риски, связанные с их достижением. Поэтому эти виды деятельности требуют различных механизмов планирования, мониторинга, контроля результативности и финансирования.

Во-вторых, нынешнее положение дел, при котором и ОКР финансируются по статье «Прикладные научные исследования в области общегосударственных вопросов», приводит к тому, что сумма затрат собственно на НИР не защищена от сокращения в пользу ОКР и решения текущих, краткосрочных проблем разработки и доводки (а иногда и освоения производства) конкретных образцов техники. В результате в долгосрочной перспективе высокотехнологичная промышленность может остаться без достаточно научно-технического задела для создания новых поколений продукции. Кроме того, сама по себе необходимость неплановых затрат на доводку разработанных образцов, внесения изменений в конструкцию и т.п. в значительной степени вызвана именно неготовностью новых технологий, недостаточной проработанностью проектных решений на стадии НИР. Таким образом, финансирование прикладных НИР должно быть «прозрачно» и защищено от сокращения в пользу иных видов работ – именно в интересах высокотехнологичной промышленности в долгосрочной перспективе.

В-третьих, правила Всемирной торговой организации (далее – ВТО), в которую вступила Российская Федерация, ограничивают возможность государственного финансирования разработки и производства конкретных образцов продукции гражданского назначения. В то же время, на государственное финансирование разработки технологий таких ограничений не накладывается. В связи с этим, именно финансирование создания научно-технического задела в государственном секторе прикладной науки является в странах с рыночной экономикой основным инструментом государственной поддержки развития высокотехнологичной промышленности. Стратегическое планирование прикладных исследований, выполняемых в государственном секторе прикладной науки, является важнейшим элементом промышленной политики.

В целях совершенствования аппарата научных исследований и сокращения накладных расходов на НИР, целесообразно выделить в отдельную статью финансирование содержания экспериментальной базы прикладной науки как основы государственной системы сертификации новых образцов продукции и контроля полученных результатов. Необходимость выделения в отдельную статью финансирования содержания и развития экспериментальной базы обусловлена тем, что

Во-первых, в настоящее время соответствующие расходы включаются в состав накладных расходов на проведение НИР и в себестоимость исследований и разработок. Это снижает прозрачность расходования средств, а также стимулы к повышению экономичности исследований и испытаний. Выделение финансирования экспериментальной базы в отдельную статью позволит создать стимулы к развитию методов и средств исследований, в том числе расчетных, компьютерного и др. моделирования, замещающих дорогостоящие натурные эксперименты.

Во-вторых, финансирование содержания экспериментальной базы прикладной науки должно быть защищено от сокращения для гарантированного выполнения государственных функций в сфере сертификации продукции. Необходимость изыскивать средства для поддержания экспериментальной базы, в том числе за счет выполнения исследований и испытаний по заказу корпораций промышленности, приводит к нарушению принципа независимости сертификационных центров от разработчиков и производителей сертифицируемой продукции.

#### **9.4.3 Предложения об изменении методических указаний по разработке и реализации Государственных программ в части прикладных исследований и разработок**

В настоящее время все мероприятия по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам в рамках Государственных программ формируются согласно «Методическим указаниям по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации» (Приказ Минэкономразвития от 16 сентября 2016 г. N 582) (далее - Методика).

Одним из требований данной Методики является заполнение «паспорта инвестиционного проекта», который признан таковым в соответствии с законодательством Российской Федерации, в случае его реализации в соответствующей сфере социально-экономического развития Российской Федерации (Приложение к Методическим указаниям по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации Таблица 12).

При этом термин «инвестиционный проект» - как определение в данной Методике отсутствует.

Для устранения противоречий при формировании и реализации государственных программ в части прикладных исследований, вызванных неприменимостью понятия инвестиционных проектов к научным и научно-технологическим проектам и недопустимостью применению инвестиционной модели финансирования прикладных исследований, предлагается внести изменения в приказ N 582 в части исключения необходимости заполнения Таблицы 12 Методических указаний по разработке и реализации государственных программ в отношении научных проектов.

Несмотря на необходимость внедрения проектного подхода к планированию и финансированию прикладных научных исследований и разработок, не следует рассматривать научные проекты (научно-технологические, проблемно-ориентированные) именно как инвестиционные проекты. Инвестиционный проект предполагает вложение средств и их возврат в увеличенном объеме в пределах срока реализации проекта. Однако прикладные научные исследования характеризуются, во-первых, высоким уровнем риска, и, во-вторых, отложенным эффектом. Коммерческий, социально-экономический, налоговый эффект от прикладных исследований и разработок может проявляться на протяжении всего жизненного цикла продукции, иногда имеющего длительность порядка нескольких десятилетий. При этом и начало периода эксплуатации новых образцов может наступать на несколько лет позже окончания прикладных исследований, поскольку необходимо разработать конкретные образцы продукции и освоить их производство. Таким образом, прикладные исследования некорректно рассматривать как инвестиционные проекты, поскольку в период реализации соответствующих государственных или федеральных целевых программ еще не может быть возврата вложенных средств в увеличенном объеме.

Тем не менее, проектный подход в планировании и финансировании прикладных исследований необходимо внедрять. Он заключается в

- четком целеполагании исследований и разработок (в терминах целевых уровней совершенства и уровней готовности разрабатываемых технологий) на основе научно-технологического прогнозирования и стратегического планирования;
- мониторинге и контроле результативности исследований и разработок на каждом этапе, соответствующем определенному уровню готовности технологий;

- проектном финансировании и ресурсном обеспечении на каждом соответствующем этапе, причем, решение о продолжении финансирования принимается по итогам оценки уровней готовности технологий и уровней их совершенства.

#### **9.4.4 Предложения в части изменения нормативных правовых документов в области создания образцов военной техники и вооружения**

В настоящее время существуют системные проблемы в области создания новой высокотехнологичной продукции военного назначения, которые связаны прежде всего с несовершенством системы стратегического планирования в сфере проведения перспективных исследований. Данные проблемы выражаются в отсутствии научно-технического задела достаточного уровня готовности перед началом работ по производству конкретных образцов техники, что приводит к невозможности достичь требования государственного заказчика в заданные сроки.

Перспективные исследования в интересах создания продукции военного назначения проводятся в рамках реализации государственных программ вооружения, развитие оборонно-промышленного комплекса и программы фундаментальных исследований. Однако, государственная программа вооружения согласована с государственной программой развития оборонно-промышленного комплекса только в части организации производства продукции военного назначения и проведения прикладных исследований в обеспечение выполнения ведущихся опытно-конструкторских работ по разработке данной продукции. При этом планирование перспективных исследований в обеспечение создания опережающего научно-технического задела не осуществляется.

Недостаточность научно-технического задела (совокупности научных результатов и новых технологий, используемых при создании наукоемкой продукции) при разработке перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники и низкий уровень научно-технического сопровождения, целью которого является эффективная реализация научно-технического и научно-технологического задела при разработке, создании, эксплуатации и утилизации высокотехнологичной продукции военного назначения, приводит к высоким техническим рискам, проявляемым на всех последующих стадиях жизненного цикла образца ВВСТ.

Кроме того, применяемое в нормативных правовых актах понятие «научно-исследовательские работы» носит достаточно широкий смысл и не отражает сути планируемых к проведению научных исследований: фундаментальных, поисковых, прикладных.

В интересах создания опережающего научно-технического задела предлагается на этапе планирования проведения исследований обеспечить разграничение видов научных исследований и конкретизацию их направленности, а также проработать вопрос о «жестком» закреплении в государственной программе вооружения определенной доли затрат на финансирование научных исследований, направленных на создание опережающего научно-технического задела.

Необходимо сконцентрировать усилия на совершенствовании механизмов управления разработкой и реализацией существующих программ с целью повышения их скоординированности.

Предлагается внести изменения в Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 275-ФЗ «О государственном оборонном заказе» (далее - Федеральный закон). В частности:

- дополнить статью 3 главы 1 Федерального закона пунктом 18 следующего содержания: «научно-техническое сопровождение – комплекс мероприятий научно-методического, экспертно-контрольного, информационно-аналитического и организационно-правового характера, выполняемых для обеспечения качества и полноты выполнения работ по разработке образцов вооружения, военной и специальной техники, а также для разработки предложений по сокращению сроков их освоения»;
- пункт 1 статьи 4 главы 2 Федерального закона, определяющий основы для формирования государственного оборонного заказа, дополнить абзацем в следующей редакции: «При формировании государственного оборонного заказа в части планирования проведения опытно-конструкторских работ, необходимо учитывать готовность научно-технического задела в рассматриваемой области, а также возможности производственной базы предприятий оборонно-промышленного комплекса к выполнению планируемых работ»;
- подпункт 1 пункта 2 статьи 4 главы 2 Федерального закона, определяющий состав государственного оборонного заказа: «научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию, модернизации вооружения, военной и специальной техники, а также утилизации и уничтожению выводимых из эксплуатации вооружения, военной и специальной техники» изложить в следующей редакции: «фундаментальные, поисковые, прикладные научные исследования и опытно-конструкторские работы по созданию, модернизации вооружения, военной и специальной техники, а также утилизации и уничтожению выводимых из эксплуатации вооружения, военной и специальной техники»;

- пункт 1 статьи 8 главы 3 после пункта 12 дополнить пунктом следующего содержания: «организует научно-техническое сопровождение разработки образцов вооружения, военной и специальной техники с привлечением, по согласованию с государственным заказчиком, головных научных организаций соответствующих отраслей по направлениям деятельности. Перечень головных научных организаций, привлекаемых к научно-техническому сопровождению определяется Правительством Российской Федерации».
- Выполнение вышеуказанных мероприятий по внесению изменений в Федеральный закон позволит:
- минимизировать риски выполнения опытно-конструкторских работ по созданию перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники;
- качественно и эффективно планировать мероприятия последующих государственных программ вооружения с учетом ранее созданного опережающего научно-технического задела.

#### **9.4.5 Предложение о создании органа, координирующего прикладные научные исследования**

В настоящее время не определен федеральный орган исполнительной власти (далее – ФОИВ), осуществляющий регулирование и координацию прикладных исследований в интересах развития гражданского сектора экономики, а также обороноспособности и безопасности государства.

На Министерство образования и науки Российской Федерации возложена функция по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере образования, научной, научно-технической и инновационной деятельности, а также по координации фундаментальных научных исследований, проводимых за счет средств федерального бюджета (Положение о Министерстве образования и науки Российской Федерации, утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 3 июня 2013 г. N 466), которая не затрагивает аспекты государственного регулирования прикладных научных исследований и развитие технологий.

В соответствии с федеральным законом «О науке и государственной научно-технической политике» № 127-ФЗ от 23 августа 1996 года научно-исследовательская деятельность предполагает проведение исследований по одному из трех направлений: фундаментальные, поисковые и прикладные исследования. Российская академия наук осуществляет «координацию фундамен-

тальных научных исследований и поисковых научных исследований, проводимых по важнейшим направлениям естественных, технических ... наук» (федеральный закон «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 253-ФЗ от 27 сентября 2013 года).

Таким образом, прикладные научные исследования (прикладная наука) в настоящее время недостаточно четко позиционируются в правовом поле, поскольку

- отсутствует соответствующая нормативно-правовая база и орган исполнительной власти, осуществляющий их координацию на межведомственном и межотраслевом уровне;
- профильные ФОИВ, осуществляющие финансирование прикладных исследований и разработок в рамках соответствующих Государственных программ и Федеральных целевых программ (далее – соответственно, ГП и ФЦП), не в полной мере контролируют их результативность (и, соответственно, несут за нее ответственность), поскольку критерии ее оценки неадекватны прикладной науке, направленной на разработку технологий. Все ФОИВ вынуждены при оценке результативности прикладных исследований и эффективности организаций прикладной науки руководствоваться критериями и показателями, разработанными Минобрнауки РФ, преимущественно, для фундаментальных научных исследований и соответствующих научных организаций;
- научные исследования и разработки полностью законодательно не включены в систему управления полным жизненным циклом высокотехнологичной продукции, что не позволяет в полной мере осуществить интеграцию прикладной науки и промышленности.

Повышение эффективности управления прикладными исследованиями и разработками требует их межотраслевой, межведомственной и мультидисциплинарной интеграции и координации. В основе Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642 (далее – СНТР) лежит система «больших вызовов», ответ на которые требует скоординированных усилий организаций различных отраслей промышленности, прикладной и фундаментальной науки. Все большие вызовы носят принципиально межотраслевой и междисциплинарный характер. Поэтому для эффективного ответа на них требуется проведение интегрированных исследований и разработок на стыке многих научных дисциплин и в интересах нескольких отраслей и областей техники.

В советскую эпоху осуществлялась межотраслевая, межведомственная координация научных исследований и разработок в рамках Государственного комитета по науке и технике (далее – ГКНТ). Нынешняя система управления научно-технологическим развитием в Российской Федерации (формирования стратегий и программ развития, финансирования и другого ресурсного обеспечения, мониторинга и контроля реализации программ и планов) характеризуется ведомственной разобщенностью, что не позволяет обеспечить адекватный ответ на «большие вызовы», сформулированные в СНТР. В то же время, они носят объективный характер и требуют эффективного ответа в сжатые сроки.

Таким образом, в Российской Федерации необходим орган, координирующий научные исследования и разработки в сфере высоких технологий и национальной безопасности, исходя из общенациональных интересов, в том числе для ответа на «большие вызовы», обозначенные в СНТР. Он должен быть наделен функциями технологического прогнозирования и стратегического планирования научно-технологического развития в интересах органов государственного управления. Создавая предлагаемый координирующий орган, следует учитывать ключевую роль научно-технологического развития в обеспечении национальной безопасности страны, а также то, что оборонно-промышленный комплекс (далее – ОПК) является, фактически, системообразующей основой большинства отраслей российской высокотехнологичной промышленности, в том числе гражданской. Эти соображения должны определять высокий статус нового органа и его место в системе государственного управления Российской Федерации.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Миссия прикладной науки – «создание моста» между фундаментальными научными открытиями и реальным сектором национальной экономики, новыми товарами и услугами, национальной обороной, путем разработки новых технологий. Прикладная наука, создание научно-технического задела (НТЗ) – самостоятельный вид научной и научно-технической деятельности, отличный от академической и вузовской наук. Поэтому попытки заменить прикладную науку на совокупность академической, вузовской науки и высокотехнологичных корпораций приведут к разрушению научно-технического комплекса страны.

2. В условиях смены технологических укладов, когда новые образцы техники должны обладать существенной новизной по сравнению с предшествующими, и нельзя ограничиться лишь эволюционной модернизацией, исследования и разработки становятся высокорисковыми. Заранее неясно, какими конкретно путями, на основе каких технологий и технических решений может быть достигнут требуемый уровень характеристик образцов. Поэтому при отсутствии зрелого научно-технического задела, подтверждения достижимости заданных характеристик на основе определенного комплекса технологий, принятие решения о создании образца с конкретными характеристиками некорректно. Прикладные НИР, направленные на достижение заданных характеристик, могут не достичь поставленных целей в заданный срок в пределах выделенных ресурсов, а иногда и в принципе. В итоге:

- либо заданный уровень характеристик не достигается, и новые образцы техники не обладают ожидаемой эффективностью (а иногда и сама программа их создания теряет смысл);
- либо имеют место сдвиги сроков и перерасход ресурсов.

Анализ обширного зарубежного и отечественного опыта подтверждает значимость описанных проблем создания новых образцов техники, весомость ущерба и то, что в основе этих негативных явлений лежит недостаточный учет высокорискового характера прикладных НИР при принятии решений.

Поэтому, вместо жесткой фиксации детальных требований к будущим образцам и попыток проведения прикладных НИР, обеспечивающих выполнение этих требований, целесообразно

- 1) формирование требований лишь на верхнем системном уровне (т.е. функциональных требований к решению задач), без детализации путей их выполнения;

- 2) проведение опережающих прикладных НИР, направленных на удовлетворение системным требованиям, несколькими альтернативными способами;
- 3) формирование альтернативных технических концепций как совокупностей взаимодополняющих технологий, и их развитие до промышленного уровня готовности (УГТ 6);
- 4) сравнение эффективности аванпроектов, выполненных в рамках альтернативных технических концепций, и выбор оптимальной концепции;
- 5) по итогам конкурса аванпроектов – принятие решения о создании нового образца техники, детализация требований к нему (в рамках выбранной концепции) и разработка нового образца на основе НТЗ, достигшего промышленного уровня готовности.

Эффективность предлагаемого принципа опережающего создания НТЗ подтверждается зарубежной практикой и математическим моделированием.

3. При долгосрочном стратегическом планировании научно-технологического развития необходимо принимать во внимание не только прямые коммерческие или военно-экономические аспекты перехода к новым образцам и технологическим укладам, но и социальные аспекты изменения производственных программ и модернизации предприятий высокотехнологичной промышленности, сферы образования. Учет инерции в этой сфере и «социальной цены» резких изменений способствует выбору не радикальных, а эволюционных решений, поэтапному внедрению технологий нового технологического уклада.

Принятие решений в сфере управления научно-технологическим развитием, соответствующих общегосударственным, а не ведомственным или корпоративным интересам, возможно лишь на межведомственном уровне (Правительства Российской Федерации, Военно-промышленной комиссии, Авиационной и Морской коллегий). Формирование соответствующих решений, их корректное обоснование возможно лишь на основе формализации соответствующих задач управления и их решения с применением математических методов, информационного и программного обеспечения.

4. Сформированы состав и структура комплексной системы управления научными исследованиями и разработками (КСУ НИР) с описанием основных процессов и подсистем. Реализация эффективных принципов управления НИР (а именно, объективного целеполагания, оптимального формирования планов НИР и развития ресурсов авиационной науки, т.е. центров компетенции и экспериментально-стендовой базы, с учетом эффективности технологий и необходимых затрат, учета высокорискового характера НИР) требует наличия в составе КСУ НИР следующих подсистем:

- подсистемы прогнозирования развития технологий, включая прогнозирование требований к характеристикам перспективной техники и прогнозирование достижимых уровней ее характеристик (при использовании различных технологий и технических концепций);
- подсистемы стратегического планирования развития технологий, включая формирование оптимального стратегического плана НИР на основе прогноза развития технологий, а также оценки необходимых (для данных НИР и проектов) ресурсов авиационной науки и затрат средств и времени на их развитие;
- подсистемы стратегического управления ресурсами авиационной науки, обеспечивающей оптимальное управление их развитием, согласованное со стратегическим планом НИР;
- подсистем краткосрочного планирования (программирования) НИР и развития ресурсов авиационной науки;
- подсистемы тактического управления и мониторинга результатов НИР, обеспечивающей оперативный мониторинг их реальной результативности при оценке уровней готовности технологий для принятия эффективных тактических решений и корректировки стратегических планов;
- подсистемы управления результатами научно-технической деятельности, включая анализ возможностей их трансфера между авиастроением и другими отраслями и областями техники.

5. Анализ особенностей структуры стоимости жизненного цикла изделий авиастроения и направлений его технологического развития определяет преимущественные направления эффективного трансфера авиастроительных технологий в другие отрасли. Проведённый анализ показал следующее. На протяжении большей части истории отрасли технологическое развитие гражданского авиастроения было направлено, преимущественно, на

- снижение эксплуатационных затрат ценой повышения затрат на всех прочих стадиях жизненного цикла (исследований и разработки, производства);
- повышение безопасности и снижение вредного воздействия на окружающую среду.

Эти тенденции определяют преимущества, которыми обладают авиационные технологии, а также структуру стоимости жизненного цикла изделий, в которых они применяются. Маловероятно, что будет экономически эффективным трансфер в прочие отрасли тех технологий авиастроения, которые обеспечивают экономию эксплуатационных затрат за счет удорожания

производства изделий – прежде всего, применение в других отраслях легких и прочных, но дорогостоящих конструкционных материалов. Однако трансфер дорогостоящих в производстве технологий авиастроения в другие области техники может стать эффективным, если их дороговизна обусловлена именно высокой трудоемкостью. Тогда, при трансфере в отрасли в большей серийностью, возможно многократное удешевление производства благодаря эффекту обучения по мере накопления опыта производства, или при автоматизации технологических процессов. Наиболее эффективен трансфер в прочие отрасли промышленности разработанных в авиастроении технологий проектирования и оптимизации конструкций изделий, методов и средств испытаний, аэродинамических форм и конструктивно-силовых схем, схемотехнических решений в области бортового оборудования, алгоритмов управления, и т.п. технологий, которые потребовали больших единовременных затрат на их разработку, но не требуют значительного повышения стоимости производства изделий.

6. Как показал анализ, проведенный с помощью разработанной экономико-математической модели, наибольший экономический эффект межотраслевая интеграция прикладных исследований и разработок приносит при следующих условиях:

- если отрасли или виды техники, участвующие в интеграционных исследованиях и разработках, весьма близки друг к другу и отрасли-лидеру по требуемому уровню совершенства технологий;
- если затраты на исследования и разработки характеризуются высоким уровнем «постоянных затрат» (например, на создание и поддержание исследовательских компетенций, на создание «общей», универсальной части объектов экспериментальной базы), не зависящих от требуемого уровня совершенства технологий;
- технологии как в отрасли-лидере, так и в отраслях-реципиентах далеки от физического предела в части улучшения выбранных показателей уровня совершенства.

Эти условия не являются взаимоисключающими – нередко они выполняются одновременно. Кроме того, если указанные условия не выполняются, это еще не означает, что межотраслевая интеграция прикладных исследований заведомо неэффективна – для принятия обоснованных решений требуются более детальные расчеты. Предложенная выше «мягкая» математическая модель призвана, наоборот, выявить условия, при которых межотраслевая интеграция разработки технологий будет почти наверняка приносить существенную экономию ресурсов.

7. Информационная асимметрия, непрозрачность процесса прикладных исследований для государства и наукоемкой промышленности, может привести и уже приводит к масштабному сокращению финансирования прикладной науки, поскольку оценить ее полезность не представляется возможным. По мере повышения точности оценок полезности технологий для наукоемкой промышленности и сроков их разработки, экономически обоснованный уровень финансирования прикладной науки возрастает. Формализация целей разработки новых технологий и количественное измерение «полезности» прикладных исследований и разработок открывают возможности отказа от лимитного принципа финансирования прикладной науки и перспективы увеличения объемов ее финансирования, причем, взаимовыгодного как для прикладной науки, так и для наукоемкой промышленности.

Таким образом, формализованная система планирования прикладных исследований и мониторинга их результативности в долгосрочной перспективе может способствовать повышению «полезности» прикладной науки и росту ее финансирования. Но в краткосрочной перспективе ее внедрение может привести к закрытию ряда работ как нецелесообразных или неперспективных. Кроме того, она требует дополнительных затрат усилий и времени. Поэтому для повышения заинтересованности ученых в ее внедрении необходимо прозрачным и понятным образом планировать будущее конкретных научных коллективов и ученых с учетом их компетенций и потребностей технологического развития.

Планирование технологического развития должно осуществляться при четком разделении формирования требований и прогнозирования возможностей. При их смешении реализуется планирование «от достигнутого», не позволяющее ставить задачи перехода к новым технологическим укладам.

Эффективное распределение ресурсов между научными проектами, находящимися на разных стадиях (и потому требующими разных объемов ресурсов) возможно лишь при условии, что руководители этих проектов будут уверены, что, отдав часть ресурсов в периоды сокращения потребностей, они получат больший их объем в периоды увеличения потребностей.

Проблемы реформирования российской прикладной науки имеют объективный характер. В основном, ее структура сложилась в рамках прежних технологических укладов. Кроме того, опыт автономного выживания в кризисный период сформировал ее как замкнутую саморегулируемую систему, слабо восприимчивую к изменениям, даже если они отвечают национальным интересам страны. Необходимо преобразовать ее в саморазвивающуюся систему, играющую активную роль в научно-технологическом развитии.

8. В прикладной науке целесообразно формирование крупных исследовательских центров со следующими целями:

- концентрация кадровых, интеллектуальных ресурсов и экспериментальной базы, оптимизация их использования благодаря централизованному управлению;
- обеспечение системной интеграции новых технологий, централизованного планирования и прогнозирования технологического развития наукоёмких отраслей промышленности;
- проведение межотраслевых и междисциплинарных исследований.

Миссия центров управления прикладной наукой – развитие и внедрение новой системы управления, обеспечивающей создание научно-технического задела с требуемым уровнем характеристик, в заданные сроки, с минимальными затратами и приемлемым риском. В сложившейся системе появление такого «промежуточного звена» в контуре управления может ошибочно восприниматься как угроза интересам как самих научных учреждений, их коллективов и руководства, так и организаций промышленности и курирующих их органов власти. Однако в долгосрочной перспективе повышение эффективности прикладной науки с точки зрения общегосударственных критериев может быть выгодно всем заинтересованным сторонам. Четкое и прозрачное прогнозирование возможных выигрышей для всех заинтересованных сторон, совместное планирование будущего развития – наиболее надежный путь преодоления институциональных препятствий.

Назрела необходимость более четкой структуризации фундаментальных научных организаций и формирования их объединений в соответствии с их местом в инновационном процессе, а не с ранжированием по формальным наукометрическим критериям результативности. Даже в тех случаях, когда академические институты выполняют значительный объем прикладных исследований и разработок в интересах определенных отраслей, нецелесообразно их включение в состав соответствующих отраслевых центров прикладной науки, во избежание потери экономии на масштабах применения фундаментальных результатов и синергетических эффектов для фундаментальных наук, возникающих благодаря многообразию их приложений.

9. В целом для повышения эффективности научных исследований, разработок и создания наукоёмкой продукции, необходимо:

- четкое законодательное определение понятий прикладных научных исследований, научно-технического задела, а также статуса прикладной науки;
- законодательное определение как исключительной государственной функ-

ции стратегического планирования и финансирования прикладных исследований, направленных на создание научно-технического задела по приоритетным направлениям научно-технологического развития;

- разграничение бюджетных статей финансирования фундаментальных и поисковых, прикладных научных исследований, а также опытно-конструкторских работ;
- определение полномочий и ответственности организаций прикладной науки и фундаментальной науки;
- формирование эффективной системы управления использованием и развитием экспериментальной базы в интересах научных организаций и предприятий наукоемкой промышленности, в т.ч. организацию центров коллективного пользования объектами экспериментальной базы, обеспечение их независимости и сертификацию;
- формирование на новом уровне (с учетом опыта ГКНТ СССР) органа власти федерального уровня, осуществляющего координацию и стратегическое планирование прикладных исследований и разработок, а также развития экспериментальной базы во всех отраслях наукоемкой индустрии.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдурахимова Э. Н., Колесникова К. С., Иващенко Н. П. и др. Методы оценки эффективности трансфера технологий // Экономические науки. — 2015. — № 5. — С. 29–33.
2. Авиастроение: летательные аппараты, двигатели, системы, технологии / под ред. А.Г. Братухина. М.: Машиностроение, 2000. – 536 с.
3. Акперов И.Г., Петрашов А.В. Трансфер инновационных технологий: готовность, препятствия, возможности // Инновации. – 2008. - № 05 (115). – С. 106-112.
4. Алешин Б.С. О новой концепции организации научных работ // Новости ЦАГИ, 5(85), 2010, с. 4-6.
5. Арнольд В.И. “Жесткие” и “мягкие” математические модели / М.: МЦНМО, 2000 – 32с.
6. Баев И.А., Алябушев Д.Б. Метод реальных опционов: от ценных бумаг к инновациям // Вестник УГТУ-УПИ. Серия «Экономика и управление». 2010. № 3. с. 52-62.
7. Байбакова Е.Ю. Клочков В.В. Экономические аспекты формирования сетевых организационных структур в наукоемкой промышленности // Управление большими системами. 2010. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». С. 697-721.
8. Байбакова Е.Ю., Клочков В.В. Экономические аспекты фрагментации технологических цепочек в наукоемкой промышленности // Вестник Уральского государственного технического университета. Серия «Экономика и управление». 2010. № 6. С. 89-101.
9. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы / М.: Синтез, 1999 – 128 с.
10. Балабан Е.И. Гальченко А.В., Тегин В.А. Прогноз стоимости образцов материальной продукции военного назначения // Вооружение и экономика. 2016 № 4.
11. Борисов Ю.И. Особый задел // Военно-промышленный курьер, 09 марта 2017 г.
12. Бочаров Л.Ю. Научно-технические программы в США – что определяет успех? // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. № 6. 2009. с. 16-22.
13. Братухин А.Г., Куличков Е.Н., Калачанов В.Д. Конверсия авиакосмического комплекса России / М.: Машиностроение, 1995. – 272 с.



14. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Купол, 2009. – 624 с.
15. Бюшгенс Г.С., Бедржицкий Е.Л. ЦАГИ – центр авиационной науки / М.: Наука, 1993 – 272 с.
16. Васильев В.А., Каландаришвили Ш.Н., Новиков В.А., Одинокоев С.А. Управление качеством и сертификация. М., Интернет инжиниринг, 2002 – 416 с.
17. Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: учеб. пособие. – М.: Дело, 2008. – 1104 с.
18. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. – М: “Наука”, 1971 г. – 384 с.
19. Глазьев С.Ю. Теория долгосрочного технико-экономического развития. // М.: ВладДар, 1993 – 310 с.
20. Голиченко О.Г., Малкова А.А. Производство и потребление новых фундаментальных знаний: взаимодействие отраслей наук // Инновации. - 2013. - №5. - С. 65-74.
21. Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы». URL: <http://www.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/avia2013-2025>
22. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013-2030 годы». URL: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/6/suda.doc>
23. Гребеник В.В., Шкодинский С.В. Эффект А.И. Пожарова как объективный закон в области обеспечения экономической и военной безопасности ядерных держав мира. // Экономика и предпринимательство. 2012. – № 6. – С. 30–34.
24. Дмитриев В.Г., Бюшгенс Г.С. О работах ЦАГИ. 1970–2000 годы и перспективы / Жуковский: ЦАГИ, 2001 – 112 с.
25. Дубров А.М., Лагоша Б.А., Хрусталева Е.Ю., Барановская Т.П. Моделирование рискованных ситуаций в экономике и бизнесе / М.: Финансы и статистика, 2001 – 224с.
26. Дутов А.В., Калинин И.М. Формирование научно-технического задела в судостроении / СПб: ФГУП «Крыловский ГНЦ», 2013 г. – 308 с.

27. Дутов А.В., Клочков В.В. Модель и критерии принятия решений в задачах оптимального планирования прикладных исследований в наукоемкой промышленности // Экономический анализ: теория и практика. № 44 (395). С. 2-13.
28. Дутов А.В., Клочков В.В. Развитие систем управления созданием новых технологий в наукоемкой промышленности // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 45 (348). С. 2-15.
29. Дутов А.В., Клочков В.В. Стратегическое управление развитием авиационных технологий: проблемы и современные решения // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 48 (351). С. 2-15.
30. Дутов А.В., Клочков В.В., Рождественская С.М. Эффективные принципы стратегического планирования и организации разработки новых технологий и наукоемкой продукции // Друкерровский вестник. 2018. № 5. С. 99-112.
31. Дутов А.В., Сыпало К.И., Топоров Н.Б. Управление созданием научно-технического задела в авиастроении с использованием ситуационного моделирования. Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2018. № 11. С. 77-86
32. Дутов А.В., Сыпало К.И., Шакун А.В. Подходы к проектному управлению в авиастроении на основе системной интеграции технологий // Труды десятой международной конференции в двух томах / под общей редакцией С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – М. : ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова» Российской академии наук, 2017. - С. 49-51.
33. Иванов Ю.Н. Теоретическая экономика. Очерк экономических доктрин. Теория потребления / М.: Наука, Физматлит, 1997 – 128с.
34. Иванова Н.В., Клочков В.В. Экономические проблемы управления высокорисковыми инновационными проектами в наукоемкой промышленности // Проблемы управления, № 2, 2010, с. 25-33.
35. \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.
36. Капитан В., Борисова Л. Инновационное развитие России и роль трансфера технологий в этом процессе // Вестник института экономики Российской академии наук. – 2012. - № 3. – С. 176.
37. Квейд Э. Анализ сложных систем: перев. с англ. / под ред. И.И. Андреева, И.М. Верещагина. - М.: Советское радио, 1969. – 520 с.

38. Киселева М. ОАК получит от государства 100 млрд. рублей на гражданские цели // Ведомости, № 3800, 30.03.2015. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.vedomosti.ru/business/articles/2015/03/30/oak-poluchit-ot-gosudarstva-100-mlrd-rub-na-grazhdanskije-tseli>
39. Клочков В.В. Оценка экономической эффективности интеграции авиационного двигателестроения // Полет, № 7, 2006, с. 28-33.
40. Клочков В.В. CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 124 с.
41. Клочков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 – 280 с.
42. Клочков В.В., Гусманов Т.М. Проблемы прогнозирования спроса на перспективные пассажирские самолеты российского производства // Проблемы прогнозирования, № 2, 2007, С. 16–31.
43. Клочков В.В., Гусманов Т.М. Маркетинговые информационные технологии в авиастроении // Маркетинг в России и за рубежом, № 6, 2007, с. 10-18.
44. Клочков В.В., Крупина С.М. Экономический анализ эффективности ранжирования научных работников по наукометрическим критериям // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 44 (347). С. 14-29.
45. Клочков В.В., Лукашов А.М., Максимов В.В., Рождественская С.М. Опережающее создание научно-технического задела в интересах развития вооружений, военной и специальной техники // Военная мысль. 2018. № 12. с. 23-32.
46. Клочков В.В., Николенко В.Ю. Современная организация создания авиатехники. М.: МГУЛ, 2013. – 348 с.
47. Клочков В.В., Рождественская С.М. Современные принципы управления прикладными исследованиями в авиационной науке // Интеллект & технологии. 2016. № 1 (13). С. 58-63.
48. Клочков В.В., Селезнева И.Е. Конкурентные механизмы снижения затрат в российской оборонной промышленности: эффективность и риски // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2015. № 45 (330). С. 2-17.
49. Клочков В.В., Чернер Н.В. Центры коллективного пользования в прикладной авиационной науке: эффективность и направления развития // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2015. № 42 (276). С. 2-17.
50. Комков Н.И., Иващенко Н.П. Институциональные проблемы освоения инноваций // Проблемы прогнозирования. 2009. № 5.

51. Концепция создания научно-технического задела для перспективных вооружения и военной техники на период с 2016 по 2025 г. // утв. Министром обороны Российской Федерации 28 августа 2014 г.
52. Максимов Ю.М., Митяков С.Н., Митякова О.И. Инновационное развитие экономической системы: оценка эффективности трансфера технологий // Инновации. 2006. № 7. С. 84-86.
53. Методологические основы и регламенты управления исследованиями и разработками в высокотехнологичных отраслях промышленности (на примере Национального исследовательского центра «Институт имени Н.Е. Жуковского») / под ред. Б.С. Алешина, А.В. Дутова. М.: ФГУП "ГосНИИАС, 2017. – 160 с.
54. Нижегородцев Р.М. Основы теории инноваций. М. - Доброе слово, 2011. - 88 с.
55. Нижегородцев Р.М. Экономика инноваций. 2-е изд., исправл. и доп. М.: Русайнс, 2016. – 154 с.
56. Новиков Д.А. Теория управления организационными системами / М.: МПСИ, 2005 – 584 с.
57. «Нужна высшая политехническая школа». Письмо в редакцию. Газета «Правда», орган Центрального Комитета и МК ВКП(б) № 334 (7659), с.1.; 4 декабря 1938г. // в кн.: Карлов Н.В. Шершавым языком приказа. Физ-тех. Архивные документы 1938-1952 гг. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/148/58148/28090>
58. Олишевский Д.П., Сербиновский Б.Ю. Моделирование и анализ организации и управления центром коллективного пользования / Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2009 – 134 с.
59. Опубликован паспорт национального проекта «Наука». Электронный ресурс. Режим доступа: <http://government.ru/projects/selection/740/35565/>
60. План деятельности ФГБУ «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» по развитию науки и технологий в авиастроении. Утв. Распоряжением Правительства РФ № 1959-р от 16.09.2016.
61. Предложения по структуризации сети научных организаций, подведомственных ФАНО России. Опубликовано 14.08.2014 // Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.ras.ru/news/shownews.aspx?id=80e8ca07-f737-4699-a91a-8ffe6a3e80df#content> Дата доступа: 10.02.2016.
62. Проблемы управления научными исследованиями и разработка-

- ми-2017: тр. Третьей науч.- практич. конфер., 26 окт. 2017 г., Москва / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук, НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. ред. Дутова А.В., Новикова Д.А. – М. : ИПУ РАН : НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2017. – 294 с. – ISBN 978-5-91450-210-9.
63. Рогова Е.М. Формирование и реализация механизмов технологического трансфера. – СПб.: СПбГУЭФ, 2005. – 192 с.
64. Рождественская С.М. Анализ эффективности структуры и принципов управления жизненным циклом авиационных технологий на стадии прикладных научных исследований // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 4-3. С. 534-541.
65. Рождественская С.М., Клочков В.В. Анализ эффективности формализации целеполагания в прикладных научных исследованиях и разработках // Russian journal of management. 2016. Т. 4. № 1. С. 82-92.
66. Рождественская С.М., Клочков В.В. Методический инструментарий формирования программ технологического развития и перечня критических технологий в авиастроении // Россия: тенденции и перспективы развития (ежегодник). 2017. вып. 12, ч. 2. С. 496-503.
67. Русанова А.Л., Клочков В.В. Проблемы стратегического позиционирования российской наукоемкой промышленности (на примере гражданского авиастроения) // Экономическая наука современной России. 2009. № 4. С. 64-78.
68. Русанова А.Л., Клочков В.В. Эффективность кооперации в сфере исследований и разработок: временные аспекты // Инновации. 2011. № 8. С. 71-77.
69. Селезнева И.Е. Оптимальная стратегия государственного финансирования разработки высокотехнологичной продукции // Друкеровский вестник. 2018. № 6. С. 37 – 50.
70. Скопец Г. Многофункциональность: за все надо платить // журнал «Авиапанорама». №1, 2008.
71. Степин В.С. Научная рациональность в техногенной культуре: типы и историческая эволюция // Вопросы философии. 2012. №5. С. 21-23.
72. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации, утв. Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642.
73. Таха Х. Введение в исследование операций / М.: Вильямс, 2001 – 912с.

74. Гимченко М.В., Клочков В.В. Анализ влияния емкости рынка на конкурентоспособность наукоемкой продукции // Журнал экономической теории. 2012. № 2. С. 115-128.
75. Топоров Н.Б. Принципы и особенности технологии создания комплексов моделирования и поддержки принятия решений в области совершенствования технического оснащения государственной авиации // «Авиационные системы в XXI веке»: сборник трудов юбилейной всероссийской научно-технической конференции (Москва, 26-27 мая 2016 г.). – М.: ФГУП ГосНИИАС, 2017. - С. 124-129.
76. Топоров Б.П., Горлов В.М. Проблемы формирования рационального облика и типажа сложных технических систем, функционирующих в условиях конфликта и неопределённости. // "Проблемы управления и моделирования в сложных системах": труды IV Международной конференции. - Самара, 2002.
77. Указ Президента РФ от 31.12.2015 N 683 "О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации"
78. Управление созданием научно-технического задела в жизненном цикле высокотехнологичной продукции – 2017: труды второй науч.- практич. конфер., 26 апреля 2017 г., Москва / Ин-т проблем упр. им. В.А. Трапезникова Рос. акад. наук, НИЦ «Ин-т им. Н.Е. Жуковского»; под общ. ред. Дутова А.В., Новикова Д.А. – М. : ИПУ РАН, НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского», 2017. – 156 с.
79. Федеральный закон от 4 ноября 2014 г. N 326-ФЗ "О Национальном исследовательском центре "Институт имени Н.Е. Жуковского"
80. Шмелева А.Н., Нижегородцев Р.М., Костерев Н.Б. Проблема трансфера авиационных технологий в другие отрасли промышленности: стимулы, барьеры, институты // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2016. №4. С. 132-141.
81. Энциклопедия «Авиация». М.: Большая российская энциклопедия. 1994. 736 с.
82. Akerlof G. The Market for "Lemons": Qualitative Uncertainty and the Market Mechanism // Quarterly Journal of Economics, 1970, vol. 84.
83. Alchian, A. Reliability of Progress Curves in Airframe Production // Econometrica, vol. 31, № 4, 1963, pp. 679-694.
84. Clausing D., Holmes M. Technology Readiness. Research Technology Management, Industrial Research Institute, – 2010. – 243 p.

85. Kremer, M. Population Growth and Technological Change: One Million B. C. to 1990 // *The Quarterly Journal of Economics*, 1993, vol. 108, pp. 681–716.
86. Oliviera, M.D.M. and Teixeira, A.A.C. The determinants of technology transfer efficiency and the role of innovation policies: a survey // Universidade do Porto, Faculdade de Economia do Porto, FEP Working Papers, No. 375 – 40 p.
87. Ramanathan, K. An Overview of Technology Transfer and Technology Transfer Models / K. Ramanathan // *Technology Transfer and Small & Medium Enterprises in Developing Countries* / Eds. K. Ramanathan, K. Jacobs, M. Bandyopadhyay. — Daya Publishing House, 2011. — C. 3—37.
88. *Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance* / US Department of Defense, 2011.
89. Wright, T.P. Factors Affecting the Cost of Airplanes // *Journal of Aeronautical Sciences*, vol. 3, February 1936, pp. 122-128.

Научное издание

Управление научно-технологическим развитием высокотехнологичной промышленности: проблемы и решения

монография

В печать от ????

Формат 60×90/8. Усл. печ. л. ????

Тираж 500 экз. Заказ № ????

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского»

140180, Россия, Московская область, г. Жуковский, ул. Жуковского, д.1

info@nrczh.ru

Отпечатано в типографии