

УЧРЕЖДЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова

В.В. Клочков

**Управление инновационным развитием
наукоемкой промышленности: модели и решения**

Москва, 2010

УДК 330.341.1:338.45:621

Клочков В.В. Управление инновационным развитием наукоемкой промышленности: модели и решения – М., 2010 (Научное издание /Учреждение Российской академии наук Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН).

В монографии представлен комплекс экономико-математических методов планирования инновационного развития наукоемкой промышленности и анализа рисков реализации инновационных проектов, моделей организации исследований и инновационных разработок. На основе модельных расчетов выработаны рекомендации по управлению инновационным развитием наукоемких отраслей промышленности.

Изложенный материал может быть полезен как практическим специалистам в области инновационного менеджмента, так и студентам, аспирантам, преподавателям.

Рецензенты:

Р.М. Нижегородцев, д.э.н., проф., г.н.с. ИПУ РАН

С.Г. Фалько, д.э.н., проф., зав. кафедрой экономики и организации производства МГТУ им. Н.Э. Баумана

Утверждено к печати Редакционным советом Института

Текст воспроизводится в виде, утвержденном Редакционным советом Института

ISBN ???

© ИНСТИТУТ
ПРОБЛЕМ
УПРАВЛЕНИЯ 2008

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
ЧАСТЬ I. ПЛАНИРОВАНИЕ И РИСКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	6
ГЛАВА 1. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И РЫНКОВ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ	6
1.1. ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ	6
1.2. ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	9
1.3. НАУКОЕМКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНЪЮНКТУРА И ДИНАМИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ	15
1.4. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ	25
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	32
ГЛАВА 2. ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ СРОКОВ ВЫХОДА НА РЫНОК И ЦЕЛЕВОГО УРОВНЯ ХАРАКТЕРИСТИК НОВОЙ ПРОДУКЦИИ	33
2.1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫХОДА НА РЫНОК НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ НОВОГО ПРОДУКТА	33
2.2. ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ЦЕЛЕВОГО УРОВНЯ ХАРАКТЕРИСТИК И СРОКОВ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ	39
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	44
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	46
3.1. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ НОВИЗНЫ ПРОЕКТА И ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ	46
3.2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОММЕРЧЕСКИХ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	52
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3	59
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ И РИСКОВ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ	60
4.1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ	61
4.2. АНАЛИЗ СИСТЕМНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ИННОВАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ	63
4.3. РИСКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ	72
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4	77
ГЛАВА 5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ МОТИВАЦИЯ ВЫБОРА НАПРАВЛЕНИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ	79
5.1. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ПРИОРИТЕТОВ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ: КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ИЛИ ОБЩИЕ ИНТЕРЕСЫ	79
5.2. УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ	81
5.3. МОДЕЛЬ ВЫБОРА МЕЖДУ КОНКУРЕНТНЫМ ПРЕИМУЩЕСТВОМ И УЛУЧШЕНИЕМ ОБЩИХ УСЛОВИЙ	85
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5	91
ЧАСТЬ II. УПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯМИ И ИННОВАЦИОННЫМИ РАЗРАБОТКАМИ В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	92
ГЛАВА 6. УПРАВЛЕНИЕ ВЫСОКОРИСКОВЫМИ ПОИСКОВЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ	92
6.1. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ	92
6.2. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОИСКОВЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ	96
6.3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КООПЕРАЦИИ НА СТАДИИ ПОИСКОВЫХ НИР: ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ	102
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 6	112

ГЛАВА 7. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ	114
7.1. РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОБЛЕМА ФРАГМЕНТАЦИИ ЗНАНИЙ	114
7.2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОГНИТИВНОГО БАРЬЕРА.....	118
7.3. ЭВОЛЮЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ	121
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 7	123
ГЛАВА 8. ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	124
8.1. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА	124
8.2. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ РАЗРАБОТКИ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ.....	125
8.3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ И ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ	132
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 8.....	138
ГЛАВА 9. ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЗНАНИЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКОЙ АКТИВНОСТЬЮ.....	139
9.1. СТАНДАРТЫ НОВИЗНЫ ИЗОБРЕТЕНИЙ И НАУЧНЫХ РАБОТ КАК ИНСТИТУТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЗНАНИЙ	139
9.2. МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ	141
9.3. ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЗНАНИЙ	144
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 9	153
ГЛАВА 10. ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРАТЕГИЧЕСКИХ СИСТЕМНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	154
10.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	154
10.2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ИЗ-ЗА ОТСУТСТВИЯ СИСТЕМНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	157
10.3. ПРОБЛЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМНЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ	165
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 10	166
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	168
БЛАГОДАРНОСТИ	168
ЛИТЕРАТУРА.....	169

Введение

Предлагаемая книга содержит комплекс экономико-математических моделей, описывающих актуальные проблемы инновационного менеджмента в наукоемких отраслях промышленности. Как правило, предлагаемые модели носят упрощенный характер, но при необходимости могут быть модифицированы для решения реальных задач. Кроме того, нередко упрощенных моделей бывает достаточно для того, чтобы прийти к важным качественным выводам и рекомендациям. Нередко они ценнее и более применимы на практике, чем результаты «точных» расчетов.

Структура книги построена следующим образом. Первая часть посвящена, в основном, планированию и анализу рисков инновационного развития наукоемких отраслей промышленности. Обсуждаются принципы выбора направлений инновационного развития с учетом специфики наукоемкой промышленности, методы оптимального планирования параметров перспективной продукции и сроков ее создания, проводится анализ разнообразных коммерческих и социально-экономических рисков реализации инновационных проектов, а также мотивации инновационного развития наукоемкой промышленности. Вторая часть посвящена организации инновационных исследований и разработок в наукоемкой промышленности, а также некоторым аспектам их координации в рамках крупных проектов создания сложной продукции. Такой порядок изложения определяется содержательной логикой: сначала желательно определиться – КУДА двигаться, и только затем – КАК. Кроме того, выбранная структура позволила последовательно изложить разработанные экономико-математические модели.

Таким образом, из пяти функций управления, которые выделил классик менеджмента А. Файоль (планирование, организация, мотивация, контроль, координация, см. [111]), в этой книге уделяется внимание четырем – за исключением контроля. Решение задач контроля в сфере инновационного развития порождает самый сложный комплекс проблем измерения инновационной активности, оценки результативности исследований и разработок и т.п. Решение этих проблем осложняется отсутствием консенсуса в научной среде даже по терминологическим вопросам: что такое инновации, какие отрасли и продукты являются наукоемкими, высокотехнологичными и т.п. Существенный вклад в решение концептуальных вопросов инновационного экономического развития внесли такие российские и зарубежные ученые, как П. Друкер, Б.-А. Лундвалл, М. Портер, Й. Шумпетер, Г.Г. Азгальдов, М.А. Бендиков, А.Е. Варшавский, Л.Е. Варшавский, С.Ю. Глазьев, О.Г. Голиценко, Н.И. Иванова, Г.Б. Клейнер, Е.Б. Колбачев, Д.С. Львов, В.Л. Макаров, Р.М. Нижегородцев, И.Э. Фролов и др., на труды которых опирался автор. При этом он ни в коем случае не претендует на уточнение терминов и определений в сфере инновационного менеджмента, экономики наукоемкой и высокотехнологичной промышленности. Также автор не претендует на новизну в сфере общей теории и методологии управления проектами, социально-экономическими и производственными системами. Эти проблемы глубоко исследованы, например, в работах К.А. Багриновского, В.Н. Буркова, В.А. Ирикова, В.Д. Калачанова, Г.Н. Калянова, Н.К. Моисеевой, Д.А. Новикова, Н.Н. Тренева, С.Г. Фалько, Е.Ю. Хрусталева, А.В. Щепкина и др., см., например, [8, 17, 32, 51, 52, 54, 85, 107, 108, 112, 113, 117].

В данной работе акцент сделан на экономических особенностях управления инновационным развитием наукоемкой промышленности. В качестве примера и области приложения разработанного методического аппарата, в основном, рассматривается наукоемкое машиностроение, производящее сложную дорогостоящую продукцию с длительным жизненным циклом – например, авиационная промышленность. В этой связи необходимо упомянуть предыдущую книгу автора под названием «Управление инновационным развитием гражданского авиастроения» [64]. Несмотря на сходство названий, они принципиально различны и не содержат общих частей. Если предыдущая работа посвящена, в основном, экономическому анализу конкретных направлений инновационного развития авиационной промышленности, обладающей уникальной отраслевой спецификой, то данная книга точнее соответствует своему названию. В ней рассматриваются именно методологические аспекты управления инновационным развитием различных наукоемких отраслей промышленности.

Иногда результаты проведенного с помощью предлагаемых моделей анализа реальной практики управления инновационным развитием весьма неожиданны, и ставят под сомнение общепринятые стереотипы относительно «правильного» инновационного менеджмента. Помимо нормативных моделей, отвечающих на вопрос «как НАДО действовать», в книге проведен анализ специфических недостатков управления инновационным развитием российской наукоемкой промышленности. На первый взгляд, автор в этих вопросах «ломится в открытую дверь», пытаясь дать научное обоснование нормальной практике инновационного менеджмента и государственной промышленной политики. Однако, во-первых, многим лицам, принимающим решения, разумность этих положений не кажется столь очевидной, и целесообразно количественно оценить ущерб, наносимый сложившейся практикой многим отраслям российской экономики. Во-вторых, здесь имеют место экономические *дисфункции*, изучение которых может быть интереснее и сложнее, чем изучение эффективно функционирующих экономических систем и механизмов.

ЧАСТЬ I. ПЛАНИРОВАНИЕ И РИСКИ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Глава 1. Экономические особенности наукоемкой промышленности и рынков наукоемкой продукции

В данной главе, в отличие от последующих, изложены не столько экономико-математические модели, сколько сведения о качественных особенностях наукоемкой промышленности (часто подкрепленные примерами расчетов по моделям, не вошедшим в эту книгу). Эти особенности необходимо учитывать в дальнейшем, чтобы строить адекватные модели, отвечающие на актуальные вопросы.

1.1. ОСОБЕННОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

Как правило, особенности той или иной отрасли промышленности наиболее ярко проявляются в структуре *жизненного цикла изделий* (ЖЦИ) – как временной, так и стоимостной. Значительную часть общих затрат в течение ЖЦИ наукоемкой промышленности составляют постоянные затраты на *научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы* (НИОКР). Именно высокая доля затрат на НИОКР в общей себестоимости продукции является одним из главных квалифицирующих признаков наукоемких отраслей экономики. Разумеется, доля затрат на НИОКР в себестоимости не является безупречным индикатором наукоемкости продукции или предприятия, по следующим основным причинам:

1) поток затрат на НИОКР в течение ЖЦИ существенно неравномерен – наибольшую интенсивность он имеет на предпроизводственных стадиях ЖЦИ, а по мере освоения серийного выпуска и эксплуатации изделия, НИОКР по нему практически прекращаются (за исключением научного сопровождения производства и эксплуатации, модернизации изделий и т.п.)

2) предприятие (а, тем более, отрасль) могут выпускать множество наименований продукции, и часть затрат на НИОКР может носить общий характер (т.е. проводиться в интересах нескольких типов изделий), что порождает проблему разнесения затрат между различными видами продукции.

Схематично последовательность этапов жизненного цикла наукоемких изделий представлена на рис. 1.1. Временная структура ЖЦИ различных наукоемких отраслей подробно описана, например, в книгах [63, 97].



Рис. 1.1. Жизненный цикл наукоемкой продукции

Отдельные этапы ЖЦИ, как показано на данном рисунке, могут перекрываться. Так, в период эксплуатации данного типа изделий, может продолжаться его серийное производство. Более того, производство может продолжаться даже тогда, когда часть изделий данного типа выведена из эксплуатации и утилизирована. Кроме того, может наблюдаться инверсия некоторых этапов ЖЦИ. Так, например, традиционно считается, что создание новой продукции в рыночной экономике инспирировано спросом – «спрос рождает предложение». Поэтому на рис. 1.1 ЖЦИ начинается с

маркетинговых исследований и т.н. *внешнего проектирования* изделия. На этом этапе, в отличие от *рабочего проектирования*, еще не формируется конструкция изделия – определяются лишь его «внешние» технико-экономические и др. характеристики, желательные с социально-экономической точки зрения. Далее в ходе НИОКР определяются принципиальная возможность и конкретные пути их достижения.

Согласно распространенной классификации *научно-исследовательских работ* (НИР) [31], *фундаментальные НИР* направлены на открытие новых явлений, законов природы, и т.п. Как правило, они характеризуются отложенным во времени эффектом и проводятся не в интересах конкретной отрасли или компании, и, тем более, не для разработки конкретного продукта. Поэтому вопросы управления фундаментальными НИР (чрезвычайно сложные и специфические) не входят в сферу интересов инновационного менеджмента. Строго говоря, фундаментальные исследования никак не связаны с ЖЦ конкретного продукта (и, как правило, проводятся задолго до начала создания продукта, основанного на соответствующих научных результатах), поэтому их продолжительность и стоимость не включаются в длительность и стоимость ЖЦИ. Однако исследования проводятся и для создания конкретного наукоемкого продукта. Возможность достижения желаемых параметров перспективной продукции на основе имеющегося фундаментального научного задела определяется в ходе т.н. *поисковых НИР*, в ходе которых существующий фундаментальный научный задел превращается в конкретные конструкторские и технологические решения. Когда уже определены решения, необходимые для достижения целевого уровня характеристик перспективной продукции, начинаются *опытно-конструкторские работы* (ОКР) и *технологическая подготовка производства* (ТПП). Если же этот целевой уровень оказывается недостижимым при современном развитии науки и техники, приходится возвращаться к этапу маркетинговых исследований и внешнего проектирования (а также ставить новые задачи перед фундаментальной наукой). Таким образом, показанная на рис. 1.1 линейная структура ЖЦИ сильно упрощена – в реальности многие этапы повторяются итеративным образом. Ниже критика линейной структуры ЖЦИ будет рассмотрена подробнее.

Продолжительность наиболее рискованного этапа ЖЦИ – этапа поисковых НИР – является чрезвычайно неопределенной, поэтому можно говорить лишь об ожидаемой продолжительности НИР $\bar{T}_{\text{НИР}}$, в то время как продолжительности опытно-конструкторских работ и технологической подготовки производства $T_{\text{ОКР}}$ и $T_{\text{ТПП}}$ являются, в сравнении с поисковыми НИР, почти детерминированными (хотя, разумеется, тоже подвержены рискам непредвиденного увеличения). НИОКР имеют большой вес не только в стоимостной, но и во временной структуре жизненного цикла наукоемких изделий. Во многих наукоемких отраслях – например, в электронной промышленности, в индустрии программного обеспечения и т.п. – в силу бурного развития технологий и быстрой сменяемости типов изделий, длительность *предпроизводственных стадий жизненного цикла* продукции ($\bar{T}_{\text{НИР}} + T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}}$) может быть сравнима по порядку величины с общей длительностью ЖЦИ $T_{\text{ЖЦ}}$.

Многие наукоемкие отрасли относятся также и к *высокотехнологичным*, т.е. в производстве продукции используются сложные технологии, требующие высокой квалификации работников. Нередко термины «наукоемкий» и «высокотехнологичный» считают практически синонимами, что совершенно некорректно. В работе [114] проведен тщательный анализ этих понятий и приведены примеры отраслей, которые относятся к одной категории, но не относятся к другой. Также в связи с этой терминологической проблемой необходимо упомянуть работу [78]. В ней введены строгие критерии отнесения производств к высокотехнологичным, основанные на количественном измерении сложности трудовых операций, уровня потребной квалификации производственного персонала и т.н. *информационной сложности* продукции. С помощью предложенных критериев показано, что целый ряд отраслей, которые принято относить к высокотехнологичным, строго говоря, таковыми не являются. Во многих высокотехнологичных отраслях удельные трудозатраты на каждое последующее изделие сокращаются благодаря *эффекту обучения* в процессе производства (см., например, [121, 126]). По данным статистических исследований [121], например, в гражданском самолетостроении США т.н. *темпа обучения* составляет 15-20%. Это означает, что при каждом удвоении накопленного выпуска удельные трудозатраты на производство очередного самолета снижаются на 15-20%. Эффект обучения в производстве обусловлен накоплением опыта выполнения сложных трудовых операций, сокращением непроизводительных потерь и т.п. В сочетании с высоким уровнем постоянных затрат (к которым в полной мере относятся затраты на НИОКР, и в

значительной мере – стоимость ТПП), это приводит к тому, что в наукоемких отраслях средняя себестоимость продукции существенно снижается с ростом объема производства. Поэтому для обеспечения конкурентоспособного уровня себестоимости наукоемкой продукции, ее выпуск должен быть массовым – разумеется, по меркам соответствующей отрасли. Так, например, в гражданском авиастроении даже самые распространенные типы пассажирских самолетов выпущены в объеме нескольких тысяч изделий за весь ЖЦИ. В производстве электроники, напротив, нередко суммарный объем выпуска одного типа изделий может иметь порядок нескольких десятков миллионов единиц.

В заключение этого раздела необходимо отметить ряд негативных тенденций в развитии экономической теории инноваций, имеющих непосредственное отношение к особенностям наукоемкой промышленности и проблемам, решаемым в этой книге. Здесь нет необходимости подробно рассматривать эволюцию теорий и моделей инновационных процессов, подробно описанную во многих работах российских и зарубежных авторов (см., например, [26]). Однако следует остановиться на нескольких принципиальных моментах, которые, по мнению автора, приводят к отрыву научных исследований проблем инновационного развития экономики от реалий этого процесса и от практических потребностей инновационного менеджмента.

1) *Отрицание наличия этапов ЖЦИ в поиске универсальной модели инновационного процесса.* В последнее время стало «модным» критиковать «линейную модель» как инновационного процесса, так и жизненного цикла продукции. При этом даже отрицается само наличие и необходимость вышеописанных этапов ЖЦИ, утверждается, что деление ЖЦИ на подобные этапы «устарело». В первых работах в области инновационной экономики – например, в классической работе общепризнанного основоположника этого научного направления Й. Шумпетера, опубликованной в 1911 г. – рождение научных открытий и изобретений представлялось как некий внеэкономический процесс, результатами которого пользуются предприниматели. Т.е. инновационное развитие экономики «подталкивается» развитием науки и техники (*technology push*). Затем, наоборот, подчеркивая решающую роль спроса, рынка, конкуренции в определении направлений научно-технического прогресса. Т.е. инновации «подтягиваются» спросом (*demand pull*). Таким образом, на смену шумпетерианской линейной модели пришла также линейная модель инновационного процесса, но имеющая противоположное направление распространения информации. Обе точки зрения чрезвычайно схематичны.

Безусловно, НИР, даже фундаментальные, испытывают влияние экономики и социально-экономических запросов, тем более что они требуют все больших ресурсов и долгосрочного планирования. В то же время, наивно полагать, что фундаментальные открытия делаются «по заказу», и обязательно должны иметь непосредственное практическое приложение (несмотря на то, что есть и примеры открытий, сделанных в рамках решения насущных прикладных задач). Такое представление ведет к утилитаризму в сфере управления наукой, что, в свою очередь, гарантированно приводит к ее упадку. Некорректно считать рыночный спрос основной движущей силой инновационного развития. Ряд исследователей отмечает (см., например, [31]), что и в последнее время нередко активной стороной являются не потребители, а производители, сами предлагая рынку новые продукты, выпуск которых стал возможен благодаря успехам инновационных разработок. Зачастую потребители изначально в принципе не могут сформулировать соответствующего запроса, и производителям приходится, фактически, формировать у них новые потребности. Означает ли это возвращение к принципу «*technology push*»? Классический пример – рынок компьютеров: изначально спрос на них отсутствовал в принципе, поскольку потребители даже не рассматривали возможности столь эффективной автоматизации обработки и хранения информации. Следует подчеркнуть, что появление ряда научно-технических новшеств не предвидели даже писатели-фантасты, которые нередко формируют общественный запрос (по принципу, известному в *ТРИЗ* – *теории решения изобретательских задач*: «представим себе идеальный результат»). Кроме того, все большее число инноваций в принципе не может быть инициировано рынком, поскольку эти инновации порождают не столько частные, сколько внешние эффекты.

По мнению автора, совершенно непродуктивно искать однозначный ответ на вопрос о первичной причине инноваций – инициированы ли они накоплением фундаментальных знаний или социально-экономическими запросами. Столкнувшись с невозможностью однозначно определить, что первично, а что вторично в процессе инновационного развития, экономисты приняли смешанные модели инновационных процессов (см., например, [133]) с двунаправленными потоками информации между этапами ЖЦИ, возможностью инверсии этих этапов, их повторения и т.п. С тех пор сменилось еще

несколько преобладающих в литературе моделей инновационных процессов, см., например, [26, 128, 134, 136, 137]. Несмотря на это, автор не видит оснований отказываться от описанной в п. 1.1 структуры жизненного цикла наукоемкой продукции. Все перечисленные этапы ЖЦИ в реальности обязательно присутствуют, хотя и могут повторяться итеративным образом, а ЖЦ различных типов изделий могут перекрываться и перетекать друг в друга. В этой связи интересно привести пример таких новейших продуктов американского авиастроения, как дальнемагистральный пассажирский самолет *Boeing-787 Dreamliner*, истребители пятого поколения *F-22 Raptor* и *F-35 Lightning II*. В их конструкции и технологии разработки и производства использованы сотни патентов. Эти изделия действительно знаменуют собой новую эпоху¹ в развитии, соответственно, гражданской и военной авиатехники. Организация процесса их создания потребовала множества управленческих и процессных инноваций. Но при этом в их истории прослеживаются все те же стадии ЖЦИ, что показаны на рис. 1.1: присутствуют поисковые НИР, ОКР, испытания и доводка, подготовка производства, и т.д. Жизненный цикл наукоемких изделий и его основные этапы – объективная реальность, не зависящая от смены моделей инновационных процессов.

2) *Отрицание важности исследований и разработок.* Во многих современных теориях стало «модным» подчеркивать, что инновации возможны и без какой-либо научной основы. Однако реальные примеры таких инноваций, в основном, относятся к сфере маркетинга, рекламы, и т.д., отчасти – управления и организации производства, а собственно технологические инновации требуют все более дорогостоящих и продолжительных НИОКР. И, как будет показано далее, важность НИОКР не ограничивается их большим удельным весом в стоимости и длительности ЖЦИ – гораздо важнее то, что их результаты определяют успех или провал инновационного проекта на последующих стадиях. Поскольку в дальнейшем будет рассматриваться инновационное развитие именно наукоемкой промышленности, проблемы эффективного управления НИОКР, изучаемые в этой книге, не теряют актуальности для соответствующих предприятий и отраслей, несмотря на любые (в т.ч. инициированные модой) инновации в самой теории инновационного развития.

1.2. ПРОБЛЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Поскольку емкость внутреннего рынка может быть недостаточной для обеспечения экономически эффективных объемов продаж², многим наукоемким отраслям российской промышленности необходим выход на мировой рынок. Однако многие из этих отраслей в последние годы испытывают трудности с обеспечением конкурентоспособности даже на внутреннем рынке. Необходимо признать, что потенциал отечественной наукоемкой промышленности подорван за кризисные годы, начавшиеся в 1990-е гг. или даже в конце советской эпохи, настолько сильно (подробнее см. [13, 48]), что она не сможет успешно конкурировать во всех сегментах соответствующих рынков. И поэтому, в условиях жестких финансовых и др. ограничений, необходимо четко выбирать приоритеты, целевые сегменты рынков, на которые следует ориентироваться, т.е. решать задачи *стратегического позиционирования* (см., например, [85]). Подчеркнем, что это проблемы, общие для многих наукоемких отраслей. Ниже они рассматриваются, в основном, на примере гражданского авиастроения. Однако описанные ниже методические подходы, а также полученные с их помощью качественные выводы и рекомендации, могут быть полезными и в других наукоемких отраслях российской экономики.

Для формального анализа проблем стратегического позиционирования российской наукоемкой промышленности на мировом рынке совместно с А.Л. Русановой была разработана следующая упрощенная экономико-математическая модель [75]. В качестве примера рассматривается гражданское авиастроение. Конкуренцию на рынке гражданской авиатехники представим в виде игры двух участников с противоположными интересами (биматричной игры). Игроками являются отечественная авиапромышленность (*B*) и обобщенное зарубежное авиастроение (*A*). Это сильно упрощенное представление мирового рынка авиатехники, так как зарубежное авиастроение отнюдь не является монолитным – между ведущими зарубежными производителями воздушных судов и

¹ Насколько это возможно на данном этапе развития авиационной техники, подробнее см. п. 1.3.

² Например, в работах [64, 74, 105] это положение обосновано применительно к рынкам авиаперевозок и гражданской авиатехники.

авиадвигателей наблюдается чрезвычайно жесткая конкуренция¹. Кроме того, современная наукоемкая промышленность представляет собой глобальную сетевую структуру, включающую в себя тысячи специализированных поставщиков различных комплектующих изделий и производственных услуг. Отечественные предприятия активно включаются в процессы глобализации (не только в качестве поставщиков комплектующих изделий, но и в качестве системных интеграторов). Следовательно, жесткая дихотомия «отечественная промышленность – зарубежная промышленность» в современных условиях не вполне корректна. Тем не менее, технологическая самостоятельность страны в той или иной наукоемкой отрасли определяется способностью выступать в качестве системного интегратора проекта. Поэтому в данной модели рассматривается именно конкуренция производителей финальных изделий – например, воздушных судов.

Мировой рынок гражданской авиатехники разделим на два сегмента, обозначаемые далее 1 и 2. В качестве сегмента 2 будем рассматривать целевой сегмент рынка, избранный российской авиапромышленностью. В стратегии развития отрасли [102, 144] предполагается, что он будет достаточно узким (в ближайшей перспективе планируется выход на рынок *региональных* пассажирских самолетов, после 2015-2016 гг. – также на рынок *среднемагистральных* самолетов, подробнее см. [119]). Под сегментом 1 будем подразумевать все остальные сегменты рынка гражданской авиатехники. В зависимости от выбора сегмента 2, состав и характеристики агрегированного сегмента 1 будут различными.

У каждой стороны в данной игре есть три возможные стратегии:

- работать только в сегменте 1;
- работать только в сегменте 2;
- работать одновременно в обоих сегментах рынка.

Предположим, что игроки выбирают свои стратегии одновременно в начальный момент игры. Целевыми функциями игроков будем считать ожидаемые значения прибыли за весь жизненный цикл данного поколения авиатехники. В расчете прибыли учитываются эффект обучения, преимущество лидера в период монопольного пребывания на рынке, заключающееся в возможности установить более высокую цену на продукцию. Однако учитывается эластичность спроса по цене: когда на рынок выходит и последователь, цена снижается, а общий объем продаж возрастает. Также учитывается, что игрок, работающий в обоих сегментах рынка, экономит часть постоянных затрат на НИОКР, поскольку они могут быть общими для разных сегментов рынка. После вычисления прибыли, которую игроки получают при различных сочетаниях стратегий (своей и конкурента), найдем *равновесия Нэша* [118], т.е. такие сочетания стратегий, от которых игрокам невыгодно отклоняться в одностороннем порядке. В случае наличия нескольких равновесий, исключим равновесия, доминируемые по Парето. Описанные расчеты прибыли производятся для заданного распределения долей рынка в каждом сегменте между игроками. Поскольку эти доли изменяются от 0 до 100% (на рис. 1.2 – с шагом 5%), и в каждой точке расчеты прибыли являются весьма трудоемкими, все вычисления по описанной модели были автоматизированы в специальной программе, разработанной А.Л. Русановой.

Результаты расчетов наглядно представим на диаграмме, подобной диаграмме Эджворта, см. рис. 1.2. Распределение сегментов рынка между игроками представлено точкой с координатами $(\alpha_{A,1}; \alpha_{A,2})$. Это доли рынка, принадлежащие в сегментах 1 и 2 зарубежным производителям (игроку А). Соответственно, $\alpha_{B,1} = 1 - \alpha_{A,1}$; $\alpha_{B,2} = 1 - \alpha_{A,2}$ – доли рынка, принадлежащие отечественной авиапромышленности. В примере, изображенном на рис. 1.2, в качестве целевого для отечественного авиастроения сегмента 2 рассматривается рынок региональных пассажирских самолетов, на который в ближайшее время выходит новый российский² самолет *Sukhoi SuperJet-100* [146]. Соответственно, в качестве сегмента 1 рассматривается агрегированный рынок магистральных пассажирских самолетов.

¹ Аналогичное соперничество возможно и внутри страны. Однако для упрощения можно считать, что в России интересы отдельных предприятий будут согласованы в рамках специально образованной Объединенной авиастроительной корпорации, ОАК [147].

² Примечательно, что в данном примере отечественная промышленность выступает именно как системный интегратор проекта: свыше 70% стоимости покупных комплектующих изделий приходится на зарубежных поставщиков компонент к авиатехнике.

Лидеры мирового гражданского авиастроения, компании *Boeing* (США) и *Airbus Industry* (ЕС), практически не выпускают региональных самолетов, сосредоточившись на более тяжелых магистральных самолетах. Тем не менее, в составе обобщенного зарубежного авиастроения успешно работают производители изделий данного класса – прежде всего, компании *Embraer* (Бразилия) и *Bombardier* (Канада). Таким образом, и на рынке региональных самолетов доля отечественных предприятий заведомо будет ниже 100%. Поскольку планируется, что доля отечественных предприятий на этом рынке будет невелика (порядка 15%, согласно Стратегии развития российской авиационной промышленности до 2015 г. [102, 147]), реалистичная область распределений объемов продаж на этой диаграмме расположена вблизи правого края.

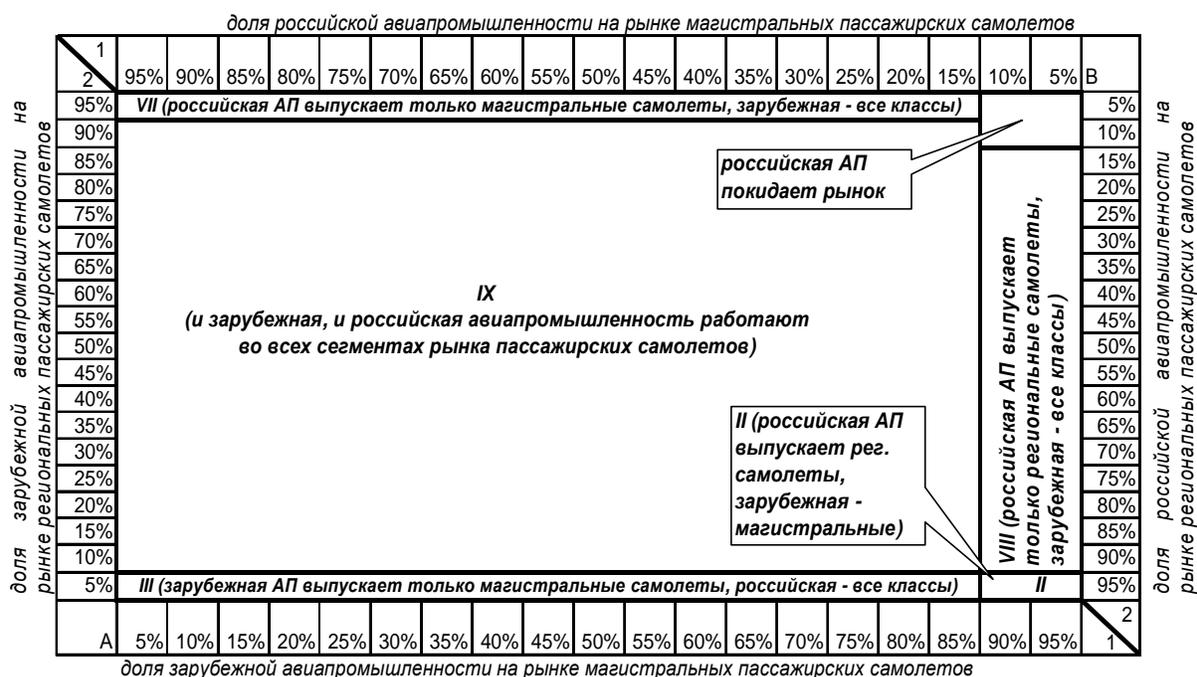


Рис. 1.2. Равновесные сочетания стратегий при различных распределениях объемов продаж между конкурентами

С помощью предложенной модели можно проанализировать возможные варианты поведения зарубежных конкурентов в различных сегментах рынка и выбрать оптимальную конкурентную стратегию российского авиастроения на мировом рынке. Были проведены параметрические расчеты в широком диапазоне исходных данных, в т.ч. параметров себестоимости перспективных изделий. Подробнее с их методикой и результатами, а также со спецификой отрасли, можно ознакомиться в работах [64, 75]. С качественной точки зрения, результаты расчетов весьма устойчивы к изменениям исходных данных. Анализ показывает, что при недостижении целевой доли рынка региональных и среднемагистральных самолетов, велик риск провала перспективных проектов российского гражданского авиастроения.

Описанные в п. 1.1 особенности стоимостной и временной структуры ЖЦИ приводят к тому, что на рынках наукоемкой продукции решающее значение приобретают временные факторы. Компании стремятся вывести свой продукт на рынок раньше конкурентов – возможно, даже ценой дополнительных затрат на форсирование НИОКР и ТПП. Т.е. имеет место т.н. *временная конкуренция*. Начиная массовое производство и продажи раньше соперников, лидер успевает к моменту выхода последователей на рынок накопить значительный опыт производства новой продукции и существенно снизить ее себестоимость (благодаря эффекту обучения). Кроме того, продукция лидера уже эксплуатируется на протяжении ряда лет, приобретая дополнительные конкурентные преимущества в глазах потребителей (а в сфере эксплуатации также могут действовать сильные эффекты обучения). В итоге последователи могут столкнуться с т.н. *эффектом блокировки*, суть которого состоит в следующем. Запаздывание относительно лидеров инновационной гонки

может достигнуть такого порогового уровня, при котором выручка от продажи продукции не покрывает вложений и затрат, т.е. проект станет убыточным. Иначе говоря, можно «отстать от лидера навсегда», и выход на рынок станет для запоздавших компаний бессмысленным¹.

На рис. 1.3 наглядно показано значение временного фактора на конкурентных рынках наукоемкой продукции. В данном примере при тех же исходных данных, что и на рис. 1.2, принято предположение о том, что отечественные предприятия на 3 года запаздывают относительно зарубежных конкурентов с выводом на рынок новых региональных самолетов.



Рис. 1.3. Влияние запаздывания выхода нового изделия на рынок

По сравнению с рис. 1.2, в нижней части диаграммы исчезли зоны равновесий, в которых зарубежная авиапромышленность не составляла конкуренции отечественной на рынке региональных самолетов. При этом расширилась зона равновесий, в которой отечественной авиапромышленности будет вообще невыгодно выходить на мировой рынок. Во избежание эффекта блокировки, необходимо форсировать (в т.ч., и за счет государственной финансовой поддержки) формирование научного и технологического задела, потребного для создания новых типов авиатехники, а также технологическую подготовку серийного производства уже разработанных изделий. Аналогичные рекомендации можно дать и прочим отраслям наукоемкой промышленности России. Подробнее они будут обоснованы в некоторых последующих главах.

Еще одна проблема, порождаемая прямой конкуренцией – наличие значительных затрат собственно на конкурентную борьбу (это затраты на рекламу и антирекламу, лоббирование интересов, промышленный шпионаж и т.п.). С учетом этих затрат, равновесные стратегии конкурентов при различных распределениях долей рыночных сегментов принимают вид, изображенный на рис. 1.4. При построении этой диаграммы учитывается, что затраты, необходимые для продвижения продукции отечественной авиапромышленности на мировые рынки, могут быть существенно выше, чем связанные с конкурентной борьбой затраты зарубежного авиастроения, традиционно присутствующего на этих рынках. Значения затрат российского авиастроения на

¹ Строго говоря, в работе [125], в которой понятие эффекта блокировки было введено впервые, показана возможность такой ситуации, когда даже более эффективная (потенциально) технология не получит распространения, поскольку эффективность лидирующей технологии уже существенно возросла благодаря эффекту обучения, и запоздавшая технология будет неконкурентоспособной по сравнению с лидирующей.

конкурентную борьбу в сегменте региональных самолетов, используемые в данном примере, по порядку величины соответствуют затратам, заложенным в Стратегию развития авиационной промышленности РФ на продвижение перспективных изделий на мировые рынки.



Рис. 1.4. Влияние затрат, связанных с конкурентной борьбой

Из рис. 1.4 видно, что наличие затрат на конкурентную борьбу снижает привлекательность всех стратегий, сопряженных с прямой конкуренцией производителей, и расширяет на диаграмме область равновесия, когда конкурентам выгоднее разойтись по разным рыночным нишам. В то же время, расширяется область, в которой отечественной промышленности придется вообще покинуть рынок. Следовательно, наличие издержек, связанных с конкурентной борьбой и продвижением продукции на рынки, повышает риск развития отечественной промышленности в условиях глобализации.

Как показано на рис. 1.2-1.4, если доля отечественных предприятий в избранном ими целевом сегменте будет мала, они уйдут с рынка, поскольку их ожидаемая прибыль становится отрицательной. Таким образом, риск прямой конкуренции с зарубежными компаниями для российского авиастроения весьма велик. Качественно иная ситуация представлена на рис. 1.5. Здесь под сегментом 1 подразумевается агрегированный рынок пассажирских самолетов, а под сегментом 2, выбранным российской промышленностью в качестве целевого – рынок сверхтяжелых грузовых самолетов, где отечественные предприятия традиционно имели подавляющее преимущество перед зарубежными конкурентами. Фактически, на данный момент единственным в мире самолетом данного класса, находящимся в коммерческой эксплуатации, является российско-украинский Ан-124, выполняющий перевозки сверхтяжелых и крупногабаритных грузов, в т.ч., и за рубежом. Конкурентное преимущество на рынках авиатехники может выражаться не только в более низких значениях затрат, но и в более раннем выходе на рынок. В принципе, зарубежное авиастроение могло бы включиться в конкуренцию в сегменте самолетов сверхбольшой грузоподъемности, однако для этого ему потребуются (согласно заявлениям самих руководителей зарубежных авиастроительных компаний) значительные инвестиции и время. Производство модернизированных Ан-124 возможно возобновить при относительно небольших потребных инвестициях уже в ближайшие годы, тогда как в США создание самолетов аналогичного класса не планируется до 2025 г. Согласно диаграмме на рис. 1.5, российским авиастроителям целесообразно выходить на рынок пассажирских самолетов, если им удастся занять на этом рынке 15% и более (заметим, что официально утвержденной стратегией развития отрасли предусмотрено достижение доли рынка, равной 15%). Но и в менее

благоприятном случае за российским авиастроением остается определенная рыночная ниша. В правой области диаграммы, изображенной на рис. 1.5, отечественные предприятия работают только в сегменте сверхтяжелых грузовых самолетов, а зарубежные вообще не выходят на этот рынок, какую бы долю они ни могли на нем занять, и выпускают исключительно пассажирские самолеты.



Рис. 1.5. Безрисковый сценарий развития российского авиастроения

Описанная ситуация для российского авиастроения является практически безрисковой, что весьма благоприятно по следующей причине. При наличии значительной неопределенности будущей доли рынка (и, следовательно, объемов продаж), затруднено обоснованное планирование уровня производственных мощностей, потребностей в подготовке и найме квалифицированного персонала, и т.п. Следовательно, уровень мощностей может оказаться как избыточным, так и недостаточным, но и в том и в другом случаях эффективность проекта снижается. Поэтому именно к реализации безрисковых ситуаций, наподобие изображенных на рис. 1.5, целесообразно стремиться при выработке стратегии развития российского гражданского авиастроения и других отраслей наукоемкой и высокотехнологичной промышленности.

Как показывает проведенный выше анализ, прямая конкуренция с зарубежными компаниями в традиционных сегментах рынка весьма рискованна и малопродуктивна. Поэтому долгосрочные планы развития отечественной наукоемкой промышленности должны быть нацелены не столько на увеличение доли, занимаемой российскими предприятиями на существующих рынках, сколько на поиск новых рыночных ниш, обладающих достаточной емкостью. Причем, радикальное повышение емкости рынков наукоемкой продукции представляется, в принципе, возможным как с социально-экономической, так и с технико-экономической точек зрения (подробнее см., например, [64, 73]). Однако создание научного и технологического задела, необходимого для освоения новой ниши рынка, может потребовать значительных инвестиций, и сопряжено с разнообразными рисками. Открытие новых ниш на рынках наукоемкой продукции относится к наиболее рискованным и радикальным инновациям. Как показывает проведенный в данном разделе анализ, во многих отраслях российской промышленности назрела необходимость таких инноваций.

1.3. НАУКОЕМКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ КОНЬЮНКТУРА И ДИНАМИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

1.3.1. Влияние экономической конъюнктуры на объемы продаж наукоемкой продукции

Можно заметить, что и в странах с развитым наукоемким и высокотехнологичным сектором экономики соответствующие отрасли нередко испытывают значительные спады спроса на свою продукцию. Этому есть объективные экономические причины. Большинство наукоемких отраслей относятся к фондообразующим и выпускают продукцию с длительным жизненным циклом. Примерами такой продукции являются гражданские самолеты и другая транспортная техника, энергетическое оборудование, телекоммуникационная аппаратура, разнообразное технологическое оборудование, и т.д. С помощью данных изделий производятся конечные блага – транспортные услуги, электро- и теплоэнергия, услуги связи, потребительские товары, и т.п. В свою очередь, динамика совокупного спроса на продукцию фондообразующих отраслей обладает следующей особенностью: даже при сокращении темпов роста спроса на конечные блага (не говоря уже о спаде этого спроса), потребность в фондообразующей продукции падает. Например, если срок службы изделий составляет 20 лет, для поддержания мощностей требуется ежегодно закупать, в среднем, 5% от текущей численности парка (распределение изделий по возрастам для простоты предполагается равномерным). Если изначально не было ни избытка, ни дефицита производственных мощностей, и ожидается 5%-й рост спроса на конечную продукцию, для наращивания мощностей требуется дополнительно закупать еще 5% от текущей численности парка, итого – 10%. Однако если в следующем году ожидается снижение темпов роста спроса на конечную продукцию до 2% в год (заметим, что спрос все-таки растет!), потребуются закупить не 10% от текущей численности парка, а лишь $5+2=7\%$. Т.е. спрос на фондообразующую продукцию упадет на 30%. Если же в данном примере ожидается спад спроса на конечные блага на уровне 5% или более, закупки фондообразующей продукции вообще прекратятся.

В качестве примера вновь рассмотрим гражданское авиастроение¹ – одну из ведущих отраслей наукоемкого машиностроения. На рис. 1.6 и 1.7 показано, что сокращение мирового пассажирооборота в 2001-2002 гг. (по причине трагических событий 11 сентября 2001 г., эпидемии SARS и т.п.) составило около 3%, но вызвало сокращение числа заказов на новые магистральные самолеты на 52%.

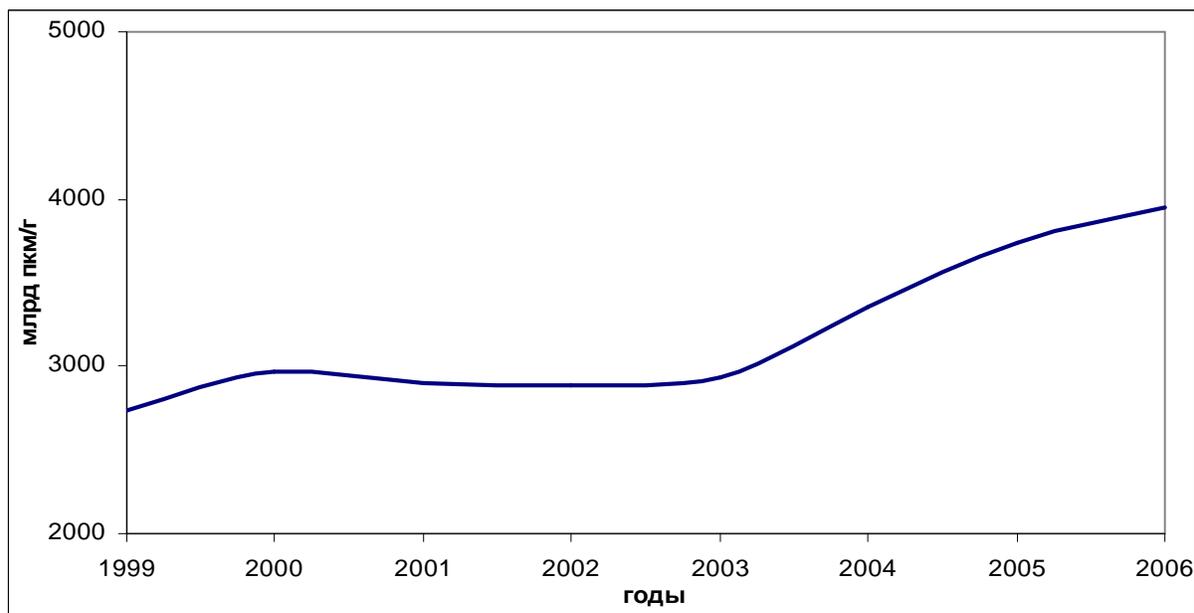


Рис. 1.6 Динамика пассажирооборота мировой гражданской авиации в 1999-2006 гг.

¹ Модельный анализ влияния макроэкономической конъюнктуры на положение данной отрасли был предпринят совместно с Т.М. Гусмановым в работе [35]. Построенная в ней модель *баланса провозных мощностей* позволила получить прогноз, хорошо соответствующий реальным данным.

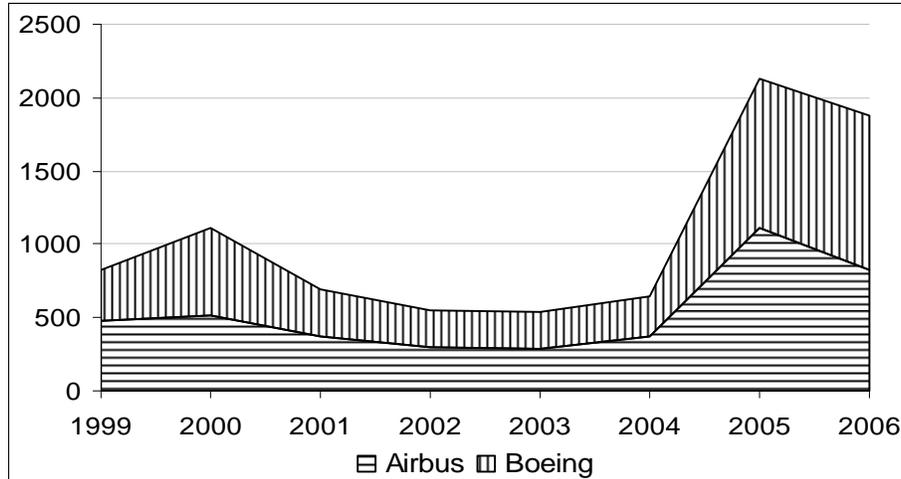


Рис. 1.7. Динамика заказов на магистральные пассажирские самолеты в 1999-2006 гг.

Помимо дорогостоящей продукции производственного назначения, наукоемкие и высокотехнологичные отрасли выпускают потребительские товары длительного пользования. Однако и в этой сфере проявляются аналогичные эффекты. Они характерны не только для фондообразующих отраслей, но и для всех отраслей, обеспечивающих воспроизводство потенциала экономики – как производственного, так и кадрового, научно-технологического, и т.п. Можно заметить, что практически все наукоемкие отрасли выполняют в экономике «потенциалообразующую» роль. В то же время, как показано выше, потенциалообразующие отрасли экономики по объективным причинам более уязвимы при спадах деловой активности, по сравнению с отраслями-производителями сырья или конечных потребительских благ.

1.3.2. Экономические аспекты морального устаревания изделий

В приведенном выше количественном примере считалось, что фондообразующая продукция закупается лишь с двумя целями: поддержание производственных мощностей и их расширение. Однако при этом не учитывалась важная составляющая совокупного спроса на продукцию фондообразующих отраслей – закупки с целью качественного обновления основных фондов, повышения их экономической эффективности. Более эффективная фондообразующая продукция может закупаться даже при избытке мощностей, ею заменяют еще исправные, но *морально устаревшие* изделия прежних поколений. Их дальнейшая эксплуатация возможна, но неэффективна с экономической точки зрения, либо ограничена по причине ужесточения стандартов (безопасности, экологической чистоты и др.)

Если производителям удастся предложить новый тип изделий, такой, что при его появлении имеющаяся техника длительного пользования морально устареет, спрос на новую технику будет массовым даже при неблагоприятной конъюнктуре на рынке конечных благ и избытке мощностей по их производству. Во многих отраслях именно моральное устаревание техники является важнейшим фактором формирования спроса на новые изделия длительного пользования, особенно в кризисные периоды. Поскольку ускоренное обновление парка изделий длительного пользования – однозначно в интересах их производителей, остается определить, при каких условиях владельцы этих изделий будут заинтересованы в их ускоренной замене.

По мере совершенствования техники, ее технико-экономические характеристики улучшаются. Но в какой момент количество переходит в качество, и можно говорить о создании качественно нового поколения изделий (соответственно, о моральном устаревании ранее выпущенных изделий)? Необходимо выработать, по возможности, объективный экономический критерий морального устаревания, при выполнении которого владельцы изделий старых типов будут заинтересованы в их ускоренной замене на новую технику. Такой критерий был предложен и обоснован в работах,

выполненных совместно с Т.М. Гусмановым, А.А. Шкадовой [69, 77]. Рассмотрим следующую упрощенную модель принятия владельцем решения о замене изделия старого типа, обладающего остатком ресурса [77]. Предположим, что данное изделие еще можно безопасно эксплуатировать, выпустив с его помощью x единиц продукции. В то же время, появилась возможность приобрести вместо него изделие нового поколения (обеспечивающее аналогичные результаты применения), а старое досрочно вывести из эксплуатации. Обозначим удельные эксплуатационные затраты (в расчете на единицу продукции) $c_{\text{экспл}}^{\text{ст}}$ и $c_{\text{экспл}}^{\text{нов}}$, соответственно, для старого и нового изделий. Тогда, если старое изделие эксплуатируется до полной выработки ресурса, затраты за соответствующий период составят $[c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} * x]$. В этом случае, кроме текущих эксплуатационных затрат, никаких других расходов (в т.ч. на приобретение изделий) нести не придется, поскольку старые изделия уже были приобретены ранее. Если же немедленно приобрести изделие нового поколения, за тот же период затраты составят $[(c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} + a) * x]$, где a – стоимость приобретения нового изделия, в расчете на единицу продукции. В качестве таковой может выступать ставка амортизации или лизинговая ставка. Следует подчеркнуть, что для изделий старого поколения аналогичные затраты не учитываются, поскольку эти изделия уже приобретены, и расходы сделаны в предшествующие периоды. Сопоставляя затраты по обоим альтернативным вариантам, получим следующее условие целесообразности немедленной замены старых изделий на новые:

$$c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} + a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}}, \text{ или } a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} - c_{\text{экспл}}^{\text{нов}},$$

т.е. стоимость приобретения новых изделий, в расчете на единицу продукции, должна быть меньше экономии удельных эксплуатационных затрат. Как правило, изделия нового поколения в эксплуатации экономичнее старых: $c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}}$, т.е. $\Delta c_{\text{экспл}} = c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} - c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} > 0$. Однако, как видно из полученного условия, превосходство в уровне эксплуатационных затрат станет «прорывным» (т.е. стимулирует ускоренную замену старых изделий новыми) лишь в том случае, если оно превысит стоимость приобретения новых изделий, в расчете на единицу продукции:

$$\Delta c_{\text{экспл}} > a. \tag{1.1}$$

Поскольку ускоренное обновление изделий длительного пользования обеспечивает значительные объемы их продаж даже при неблагоприятной экономической конъюнктуре, создание «прорывных» типов изделий является одной из главных задач инновационного развития наукоемкой промышленности. Возможные пути ее решения определяются конкретным составом затрат на эксплуатацию изделий той или иной отрасли. Для многих видов долговечной наукоемкой продукции – прежде всего, транспортных средств, энергетического оборудования, и т.п. – важнейшей составляющей эксплуатационных расходов являются затраты на потребляемые энергоресурсы. Предположим, что текущие затраты на эксплуатацию изделий складываются из затрат на энергоносители $c_{\text{энерг}}$ и прочих составляющих (например, затрат на техническое обслуживание и ремонт, на оплату труда эксплуатирующего персонала, текущих платежей за пользование инфраструктурой и т.п.) $c_{\text{пр}}$:

$$c_{\text{экспл}} = c_{\text{энерг}} + c_{\text{пр}} = g * p_{\text{энерг}} + c_{\text{пр}},$$

где g – удельный расход энергоресурсов (в расчете на единицу продукции);

$p_{\text{энерг}}$ – цена потребляемых энергоресурсов.

Тогда ускоренное обновление парка машин и оборудования будет выгодным лишь при выполнении следующего неравенства:

$$a < c_{\text{экспл}}^{\text{ст}} - c_{\text{экспл}}^{\text{нов}} = (c_{\text{пр}}^{\text{ст}} - c_{\text{пр}}^{\text{нов}}) + (g^{\text{ст}} - g^{\text{нов}}) * p_{\text{энерг}} = \Delta c_{\text{пр}} + \Delta g * p_{\text{энерг}},$$

где $\Delta c_{пр}$ – изменение прочих затрат при переходе к новому поколению техники¹;

Δg - сокращение удельного расхода энергоресурсов.

Как правило, изделия нового поколения экономичнее старых: $g^{нов} < g^{ст}$, т.е. $\Delta g > 0$. Однако, как видно из полученного условия, это превосходство станет «прорывным» лишь в том случае, если сокращение удельного расхода ресурсов будет не ниже определенного порога:

$$\Delta g > \frac{a - \Delta c_{пр}}{P_{энерг}}$$

В противном случае, досрочная замена еще исправной, хотя и менее экономичной техники экономически нецелесообразна. Т.е. даже при появлении на рынке новых, более совершенных изделий, продолжится эксплуатация старой техники, приобретение запасных частей для нее, ремонт, возможно – модернизация². Ряд исследователей объясняет инерцию при смене техники и технологий консерватизмом экономических агентов, их нежеланием принимать на себя риски, связанные с новыми технологиями, институциональными барьерами и т.п. (см., например, [88]). Не отрицая возможности влияния этих факторов, автор считает наиболее естественным объяснение инертности процесса смены технологий объективными технико-экономическими факторами. Во многих отраслях экономики используемые технологии связаны с изделиями длительного пользования (прежде всего, производственным оборудованием). Однако полученное в данном разделе условие их морального устаревания при появлении новых типов изделий может не выполняться. Более того, во многих отраслях наукоемкой промышленности добиться его выполнения становится все сложнее – по объективным законам развития техники.

1.3.3. Динамика технологического развития

Как правило, динамику развития технологий можно описать так называемой *S-образной кривой*, см. рис. 1.8.

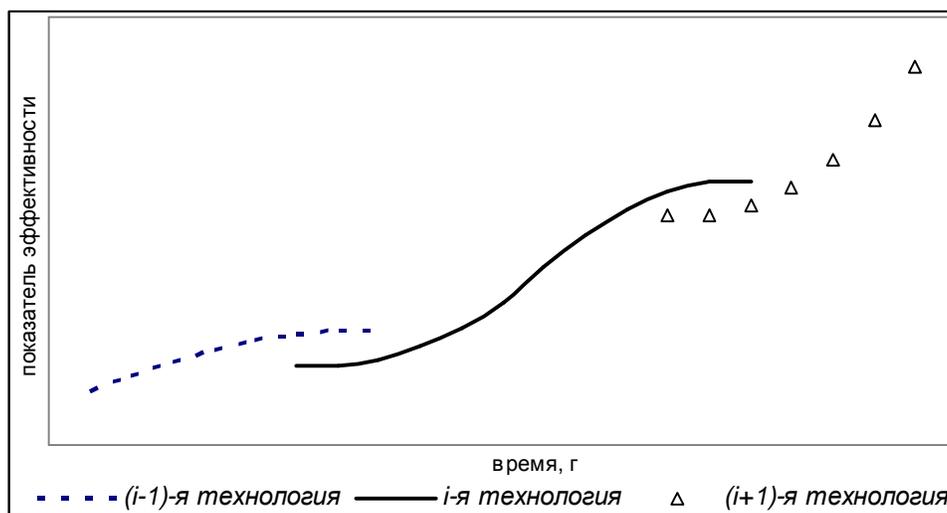


Рис. 1.8. Характерная динамика развития новых технологий

¹ Изменение прочих затрат $\Delta c_{пр}$ может быть как положительным, так и отрицательным, поскольку новая и более экономичная техника может быть более сложной и трудоемкой в обслуживании, и т.п.

² Экономические аспекты принятия решения в пользу модернизации изделий длительного пользования изучены, например, в работе [67].

Разумеется, S-образные кривые являются лишь простейшей моделью процесса развития технологий. В реальности этот процесс является ступенчатым, а не непрерывным, как на рис. 1.8, и обладает иными сложными особенностями. Однако эта простая модель адекватно отражает следующие качественные эффекты. На начальном этапе развития новой технологии, ее эффективность невелика (нередко даже по сравнению с существующими технологиями – тогда имеет место т.н. *технологический разрыв*, ясно видимый на рис. 1.8), и повышается медленно. Затем, по мере накопления знаний и опыта, начинается бурное развитие данной технологии, в ходе которого ее эффективность радикально возрастает, и новая технология вытесняет старые. И, наконец, эффективность технологии приближается к пределам, обусловленным законами природы. При этом улучшение характеристик достигается, как правило, за счет прогрессирующего увеличения затрат, см. рис. 1.9.

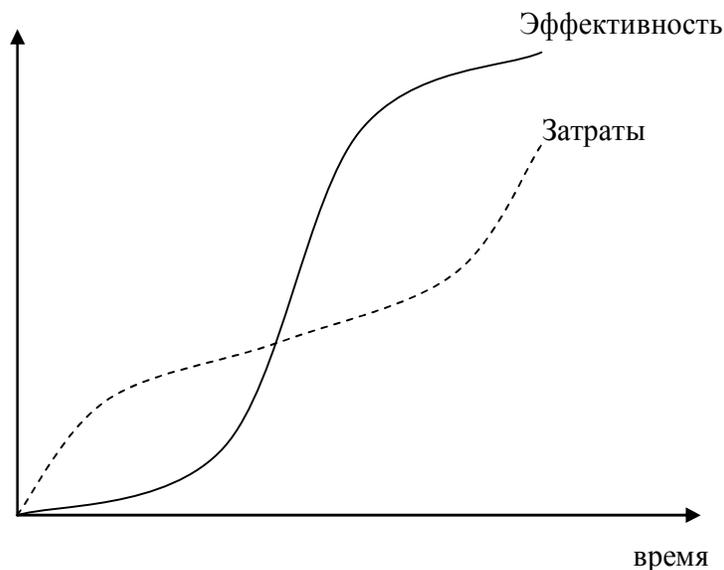


Рис. 1.9. Характерное изменение со временем показателей эффективности технологий и затрат на их улучшение

Большинство традиционных технологий во многих наукоемких отраслях промышленности в настоящее время близки к исчерпанию пределов своего совершенствования (что соответствует верхнему участку S-образной кривой). В качестве характерного примера можно рассмотреть гражданское авиастроение. На рис. 1.10 изображена динамика изменения на протяжении последних десятилетий удельного расхода топлива пассажирскими самолетами фирмы *Boeing* (США) в расчете на единицу транспортной работы – пассажиро-километр. На рис. 1.11 изображена динамика изменения цен (также приведенных к пассажиро-километру) соответствующих изделий.

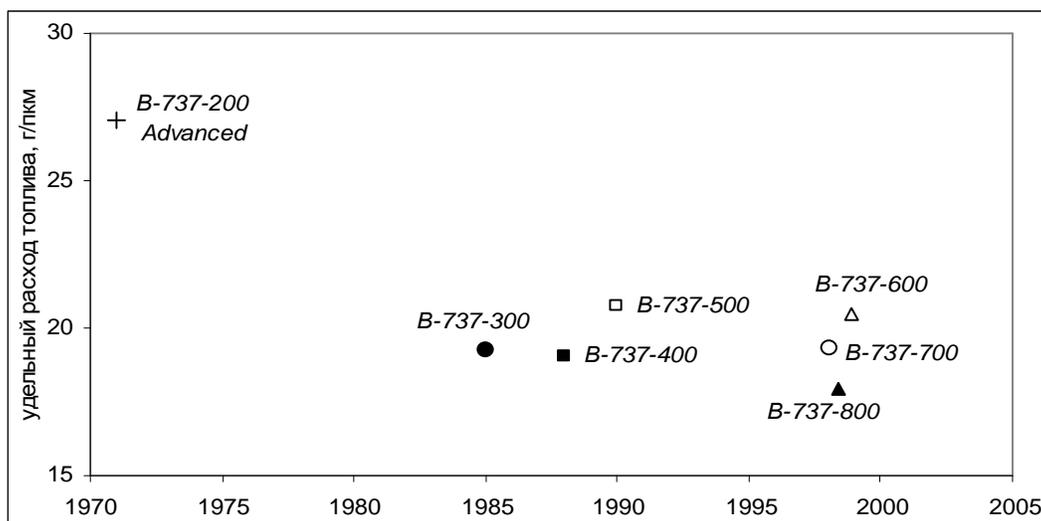


Рис. 1.10. Динамика изменения удельного расхода топлива самолетов семейства Boeing-737

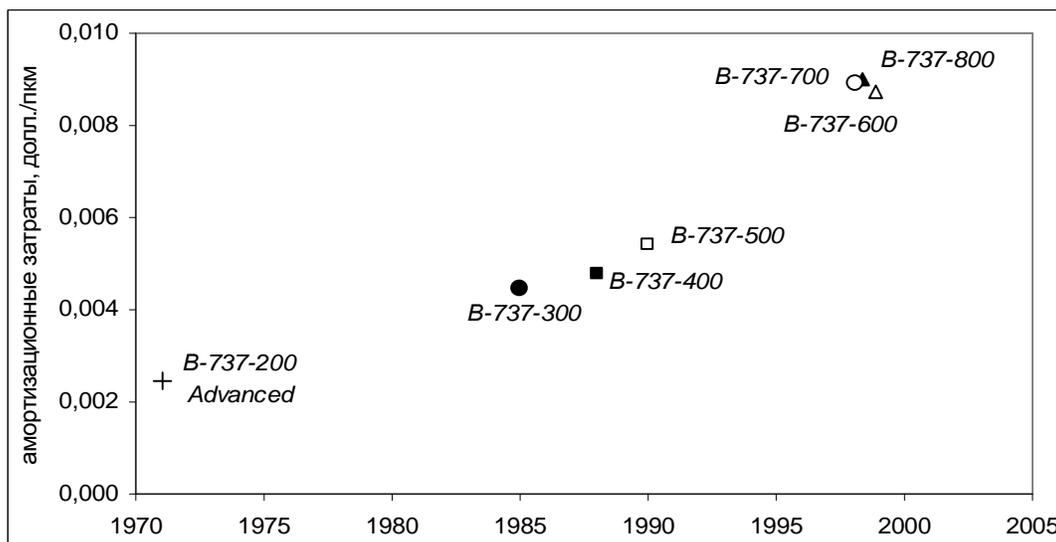


Рис. 1.11. Динамика изменения ставки амортизационных затрат самолетов семейства Boeing-737

Приведенный на рис. 1.10 график показывает, что повышение эффективности (в данном случае, снижение удельного расхода топлива) со временем замедляется. Как видно из рис. 1.11, даже этот, все меньший, выигрыш в уровне текущих эксплуатационных расходах достигается за счет прогрессирующего удорожания изделий. Т.е. выполнить условие (1.1) становится все труднее, а с определенного момента – невозможно. Экономические следствия исчерпания пределов совершенствования технологии становятся понятны, если вспомнить, какое влияние на экономическое положение производителей сложной долговечной техники оказывает вывод на рынок «прорывного» типа изделий. Поскольку достичь «прорывного» превосходства новых изделий над старыми становится все сложнее, на верхнем участке S-образной кривой уже вряд ли удастся заинтересовать потребителей в добровольном ускоренном обновлении парка принадлежащей им техники.

Заметим, что на верхнем участке S-образной кривой, в силу убывания предельной отдачи инвестиций в НИОКР, наукоемкость (традиционно измеряемая как доля затрат на НИОКР в себестоимости продукции) растет, но это вряд ли можно считать позитивным явлением. Этот эффект

свидетельствует о несовершенстве доли затрат на НИОКР в себестоимости продукции как показателя наукоемкости. В соответствующей сфере продолжается поиск более корректных показателей.

Как обеспечить выживание высокотехнологичной экономики, если в обозримой перспективе не предвидится создания «прорывных» продуктов, и возникает угроза стагнации выпуска (как показано в п. 1.3.1, более чем реальная)? Этот вопрос чрезвычайно актуален для экономически развитых стран мира, в силу их специализации на выпуске высокотехнологичных фондообразующих продуктов и дорогостоящих товаров длительного пользования. Выше были определены условия, при которых владельцы старых изделий будут экономически заинтересованы в их досрочной замене на новые. Однако ускоренное обновление парка произойдет и в том случае, если эксплуатация изделий старых типов директивно запрещается – например, по причине ужесточения экологических стандартов, норм безопасности, и т.п. Как показано в работе [70], помимо официально декларируемых целей защиты окружающей среды, обеспечения безопасности населения, и т.п., эти действия могут преследовать и цели стимулирования спроса на долговечную продукцию. При этом, если на рынках продукции производственного назначения приходится прибегать к прямому принуждению или налоговому стимулированию (если только новая техника не обладает «прорывным» превосходством), то на рынках потребительских товаров длительного пользования сильнее проявляются субъективные факторы, и производители могут активно прибегать к рекламе и другим методам воздействия на потребительское поведение. На рынках компьютеров и программного обеспечения производителям также удастся заставлять пользователей приобретать новую продукцию чаще, чем это объективно необходимо по соображениям повышения вычислительной мощности. Для этого преднамеренно ограничивается совместимость каждого последующего поколения программно-аппаратных средств с предыдущими. Активное использование описанных инструментов стимулирования спроса позволяет «потенциалообразующим» отраслям избежать стагнации даже в периоды глубоких экономических кризисов. С одной стороны, такие инструменты стимулирования спроса сами по себе требуют исследований и разработок, т.е. инновационной активности. С другой стороны, их эффективность и даже допустимость с социально-экономической точки зрения нуждается в дополнительном обосновании. Инновационная активность может быть направлена и в более конструктивное русло. Усиление конкуренции при исчерпании возможностей кардинального улучшения характеристик новых изделий может заставлять разработчиков и производителей наукоемкой продукции осваивать новые ниши рынка, удовлетворяя потребности новых групп потребителей.

Динамика научно-технического прогресса (НТП) стала предметом интереса экономистов, поскольку НТП стал одним из важнейших факторов экономического развития. Кратко перечислим наиболее известные в экономической науке подходы к описанию процесса развития технологий. Начало, по-видимому, было положено российским ученым Н.Д. Кондратьевым, выделившим в истории мирового экономического развития серию длиннопериодических (порядка десятилетий или даже веков) колебаний, названных «длинными волнами». Один из пионеров изучения проблем инновационного развития Й. Шумпетер называл подобные циклические изменения инновационными волнами, выделяя в каждой инновационную и имитационную стадии, соответствующие зарождению и распространению инноваций. В развитие этих концепций отечественные экономисты Д.С. Львов и С.Ю. Глазьев предложили широко распространенную теорию т.н. *технологических укладов* (ТУ), см. [27]. В каждом ТУ выделяют т.н. *ядро* – ведущие отрасли и виды деятельности, которые развиваются наиболее быстро, а также *ключевые факторы* – технологические новшества, открывшие дорогу развитию ведущих отраслей. По мере исчерпания возможностей совершенствования этих технологий, они приносят все меньшую отдачу (что соответствует верхнему участку S-образной кривой), и, после преодоления технологического разрыва, «локомотивами» инновационного развития становятся уже иные отрасли, составляющие ядро нового ТУ. В таблице 1.1 приведена приблизительная периодизация ТУ согласно источнику [27].

Таблица 1.1

Технологические уклады и их характеристики

ТУ	Период, гг.	Ядро	Ключевые факторы	Организация промышленности
Первый	1770-1830	Текстильная промышленность, текстильное машиностроение, выплавка чугуна, обработка железа	Водяной двигатель, текстильные машины	Переход от мануфактуры к фабрике

Второй	1830-1880	Железнодорожный транспорт, железнодорожное машиностроение и строительство, паровой транспорт и паровое судостроение, металлообработка и станкостроение, черная металлургия, угольная промышленность	Паровой двигатель, металлообрабатывающие станки	Специализация производств
Третий	1880-1930	Электротехническая промышленность, тяжелое машиностроение, неорганическая химия	Электродвигатели и электрогенераторы, линии электропередач	Монополизация производства, концентрация капитала
Четвертый	1930-1970	Автомобиле- и авиастроение, цветная металлургия, добыча и переработка нефти, органическая химия, производство потребительских товаров длительного пользования	Двигатели внутреннего сгорания	Развитие транснациональных компаний
Пятый	1970-2010	Электронная промышленность, индустрия программного обеспечения, телекоммуникации, роботостроение, добыча и переработка газа	Компьютер и компьютерные сети	Сетевые и матричные структуры, виртуальные предприятия
Шестой	2010-?	Медицина и фармацевтика, экологически чистая энергетика	Биотехнологии и геновая инженерия, нанотехнологии, возобновляемые источники энергии	?

Ряд исследователей предлагает иную периодизацию ТУ, выделяет большее или меньшее их количество, иной состав отраслевого ядра и ключевые факторы ТУ, но общий методологический подход остается неизменным. Уделим внимание его основаниям. Прежде всего, важна взаимосвязь технологического и социально-экономического развития. Даже в ранних исследованиях динамики НТП (например, в теории Н.Д. Кондратьева) не подвергалось сомнению влияние технологий на институты экономики, прежде всего – на организационные формы предприятий и отраслей. В таблице 1.1 наряду с ядром и ключевыми факторами, также показано изменение организационной структуры промышленности. Однако не только технологическое развитие влияет на экономику – существует и обратная связь, изученная гораздо слабее. Интересно выяснить, почему именно те, а не иные технологии становятся ключевыми факторами очередного ТУ. Без такого объяснения технологическое развитие рассматривается как экзогенный фактор (что отчасти согласуется с ранней концепцией инновационного развития Й. Шумпетера, согласно которой открытие или изобретение есть результат случайного озарения). Однако в настоящее время успех исследований и разработок все чаще является результатом масштабной целенаправленной работы (что, впрочем, не исключает влияния случайных факторов). Сами по себе исследования и разработки требуют огромных ресурсов, и выделение (либо невыделение) этих ресурсов во многом обусловлено именно социально-экономическими факторами. Экономические интересы могут вызывать к жизни те или иные технологические новшества, создают на них запрос и способствуют активизации их разработки (хотя, как отмечено в п. 1.1, инновации далеко не всегда получаются «по заказу»).

Также следует обратить внимание на весьма часто встречающуюся ошибочную трактовку смены ТУ как полной смены всей совокупности технологий. В связи с этим типичны определения ТУ как «замкнутой совокупности взаимодействующих технологий», попытки вычислить доли продукции, соответствующей тем или иным ТУ, и выводы об «отсталости» или «прогрессивности» экономики на основании такой статистики. Можно заметить, что отдельные элементы старых технологических укладов успешно переходят в новые, и даже продолжают доминировать в соответствующих сферах, в то время как другие элементы уходят в прошлое и сменяются новыми, присущими современным технологическим укладам. Яркий пример: паровая машина и железная дорога явились одними из ключевых факторов второго технологического уклада. Но если паровая машина в настоящее время

практически не применяется¹, то железнодорожный транспорт в большинстве экономически развитых стран занимает очень значительное место – и в грузовых перевозках (особенно при наличии значительных грузопотоков), и в дальних скоростных пассажирских перевозках, и в городских. Разумеется, за века своего развития техника железнодорожного транспорта претерпела существенные изменения (в частности, существенно возросли скорости), но основные технические принципы движения по рельсам остались практически неизменными. Описанный эффект нарушает схематичную картину смены технологических укладов как целостных совокупностей определенных технологий, и является аргументом в пользу иной теории научно-технического прогресса – теории *техноэволюции*, предложенной отечественными учеными Б.И. Кудриным и В.И. Гнатюком [28, 81]. Как следует из названия, научно-технический прогресс понимается в рамках этой теории как процесс отбора и закрепления технологий, наиболее приспособленных к существующим условиям. Важнейшим понятием данной теории является также понятие *техноценоза* (по аналогии с биоценозом), т.е. большой и относительно обособленной совокупности взаимодействующих технических систем. Важно, что любое новое изделие, технология или система существуют не сами по себе, а в окружении других систем – в *техносреде*, и должны быть совместимы с ней, о чем необходимо помнить ученым, конструкторам и др. создателям новой техники. Например, новый тип электропоездов должен быть совместим с существующими железнодорожными путями (обладающими определенной шириной колеи, определенными уклонами, кривизной поворотов, и т.п.), контактной сетью, платформами и т.д. Неучет этих факторов приводит к снижению эффективности функционирования сложных технических систем. Так, скоростные электропоезда, импортированные из Германии для обслуживания линий Москва – Петербург и Москва – Нижний Новгород, рассчитаны на скорость движения около 300 км/ч (что потребовало соответствующих конструктивных решений и определило их высокую стоимость). Однако фактически эти поезда на указанных линиях развивают скорости лишь порядка 160-200 км/ч, вследствие ограничений, накладываемых состоянием пути и прочими элементами инфраструктуры.

Иногда новые технологии могут быть принципиально несовместимыми с определенными элементами старой техносреды (например, поезд на магнитном подвесе заведомо не будет совместим с вышеперечисленными элементами традиционной техносреды современных железных дорог). Это означает, что они повлекут за собой масштабную перестройку техносреды, замену еще целого ряда технологий – или не приживутся. Выбор будет определяться экономическими факторами.

Подчеркнем, что, хотя авторы теории техноэволюции и техноценозов являются «чистыми» инженерами-системотехниками, они сами основной движущей силой техноэволюции считают экономические факторы, экономические интересы, нацеленные на лучшее удовлетворение материальных потребностей. В то же время, корректный учет экономических факторов в развитии техники и технологий является комплексной фундаментальной проблемой – хотя бы потому, что в экономике взаимодействуют субъекты с различными, нередко – конфликтующими интересами, и никакие решения не принимаются исходя из абстрактной «всеобщей» экономической выгоды. Как было отмечено выше, невозможность успешно конкурировать на традиционных рынках или создавать прорывные типы изделий заставляет производителей наукоемкой продукции искать новые рыночные ниши, создавая принципиально новые виды техники. Таким образом, экономические факторы способствуют увеличению разнообразия техноценозов. Возможно, это - проявление фундаментальных законов развития техники и технологий, требующих дополнительного изучения.

Техноценозы взаимодействуют не только с социально-экономическими, но и с природными системами, т.е. биогеоценозами, и потому на их развитие накладывают отпечаток природные условия и т.п. Можно заметить, что существует обратная связь между процессами развития технологий и изменениями внешней среды, под влиянием которых, в свою очередь, меняется техника. Это кажется естественным, поскольку техносфера уже оказывает решающее влияние на природу, общество и т.п. Характерный пример: бурное развитие энергетики, разнообразных двигателей и т.п. привело к резкому росту потребления энергоресурсов и поставило проблему их дефицитности. Далее экономические факторы заставили искать пути повышения экономичности двигателей, экологические проблемы (получившие в т.ч. экономическое выражение) поставили задачу снижения техногенной нагрузки на природную среду, и т.д. В этой связи интересно отметить, что иногда высокоразвитые цивилизации прошлого, столкнувшись в процессе бурного роста с глобальными

¹ В энергетике используются паровые турбины, однако они даже с точки зрения рабочего процесса отличаются от поршневых паровых машин, ставших основным двигателем на транспорте и в промышленности в XIX веке.

экологическими или социально-экономическими противоречиями, прекращали свое существование, и соответствующие страны откатывались далеко назад в плане научно-технического и институционального развития. Т.е. научно-технический прогресс может быть даже немонотонным – по объективным причинам, которые можно выявить, только анализируя взаимосвязи технологического и экономического развития. Концепция техноэволюции позволяет рассматривать как развитие технологий, так и экономические факторы в качестве эндогенных.

Возвращаясь к приведенному примеру, легко объяснить, почему железнодорожный транспорт, будучи ровесником второго ТУ, успешно дожил до наших дней (и в обозримом будущем останется одним из важнейших видов как пассажирского, так и грузового транспорта), в то время как другие элементы того технологического уклада уступили место принципиально новым. Реализованный в традиционном рельсовом транспорте принцип – качение твердого колеса по твердому же рельсу – обеспечивает относительно малое сопротивление качению даже при относительно высоких скоростях¹. Как в биологической эволюции выживают особи, наиболее приспособленные к существующим условиям, так и в данном случае можно признать, что это конструктивно-технологическое решение остается вне конкуренции по соотношению скорости и себестоимости перевозок в широком диапазоне скоростей и значений пассажиро- и грузооборота, востребованных в практике перевозок.

Можно ли утверждать, что теория техноэволюции полностью замещает собой теорию технологических укладов, или они совместимы? Автор считает, что эти теории не противоречат друг другу, а скорее, дополняют друг друга², при условии необходимой коррекции определения технологических укладов и картины их смены. Такая коррекция необходима даже безотносительно к теории техноэволюции, а исключительно для приведения модели смены ТУ в соответствие фактической картине научно-технического прогресса. Итак, следует говорить, что технологический уклад определяется совокупностью присущих ему новых технологий, которые в процессе становления данного уклада будут инновационными, со всеми вытекающими отсюда экономическими следствиями (т.е. инновационной рентой, связанной с временной монополией новатора, и т.п.) При этом новые технологии нередко могут применяться и в старой техносреде, сформированной на базе технологий предыдущих технологических укладов. Т.е., например, практически на тех же железных дорогах могут применяться новые виды двигателей (от паровой машины – к двигателям внутреннего сгорания и электромоторам) и т.п. При этом важно, что новые технологии совместимы со старыми, которые не подлежат смене в рамках наступающего технологического уклада. В статье [22] подчеркивается, что с первых лет освоения производства боевых самолетов 5-го поколения идет полномасштабная разработка изделий 6-го поколения. Т.е. перекрываются ЖЦ разных поколений изделий. Но данный пример иллюстрирует еще более интересный эффект. Поскольку самолеты 6-го поколения, как ожидается, будут представлять собой ББС (беспилотные боевые самолеты), взаимодействующие в рамках единой системы с пилотируемыми самолетами 5-го поколения, это означает, что изделия разных поколений могут не просто сосуществовать (по причине инертности смены изделий длительного пользования, исследованной выше, в п. 1.3.2), но активно взаимодействовать. Изделия нового поколения изначально проектируются в расчете на такое взаимодействие, а изделия предыдущего поколения используются по-новому. Это – яркий пример большей корректности теории техноэволюции, а не схематичной картины полной смены всей совокупности технологий в рамках технологических укладов.

Вне зависимости от объяснения механизмов, неравномерность и цикличность в технологическом развитии экономики – объективная реальность. В этой связи интересно отметить, что вся история развития экономической теории инноваций насчитывает менее 100 лет и охватывает лишь малую часть даже новейшей истории технологического развития. Возможно, этим объясняются некоторые ошибки ученых, работающих в данной области, которые иногда склонны были категорично считать

¹ Вплоть до нескольких сотен километров в час: при дальнейшем повышении скорости возникают эффекты, приводящие к разрушению колес или рельсов, нарушению стабильности их контакта (грозящему сходом состава с рельсов) и т.п., подробнее см. [4]. Это требует перехода к иным физическим принципам поддержания поезда – на воздушной подушке, на магнитном подвесе и т.п., а также новых движителей, не нуждающихся в механическом контакте с путями – например, таких, как линейный электродвигатель.

² Например, в работе [3] сделана попытка интеграции теории техноэволюции в общепринятую схему смены технологических укладов.

глобальными необратимыми тенденциями те или иные наблюдаемые ими фазы циклических изменений, или считать универсальными характерные черты определенных технологических укладов. Примеры таких ошибок доставляет описанный в п. 1.1 поиск универсальной модели инновационных процессов, другие примеры будут встречаться далее.

1.4. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

1.4.1. Анализ традиционной постановки оптимизационной задачи предприятия

Одной из главных задач оптимального управления предприятиями (как практических, так и теоретических) многие экономисты и руководители-практики считают минимизацию затрат. Насколько корректна и актуальна такая задача в современных условиях, тем более, в наукоемкой промышленности? Разумеется, здесь нет смысла подробно рассматривать заведомо некорректные формулировки наподобие «достичь максимума дохода при минимуме затрат» - они свидетельствуют о непонимании их авторами основ теории оптимизации. Однако и квалифицированные экономисты, признающие, что любая хозяйственная деятельность и любые управленческие решения порождают затраты (см., например, [46]), считают само собой разумеющейся необходимостью минимизации затрат при заданном выпуске. Как правило, управляющими параметрами в такой оптимизационной задаче являются параметры используемой технологии, типаж парка оборудования, поставщики сырья и т.п. Ни в научной среде, ни в среде практиков-управленцев не подвергается сомнению то, что минимизация затрат при заданном выпуске есть необходимое условие максимизации прибыли. Как правило, речь идет лишь о необходимости более полного, комплексного учета всех затрат. Приведем несколько характерных примеров.

«ИТ-бюджет¹ должен составляться, исходя не из минимизации затрат на ИТ в сложных финансовых условиях, а из выбора оптимального набора решений, которые дадут наилучший экономический эффект, позволят минимизировать издержки на предприятии в целом.», [87];

«При оценке эффективности того или иного институционального нововведения, так же, как и формируемой институциональной инфраструктуры, следует использовать критерий минимизации [суммарных] издержек производства, а не транзакционных издержек», [116].

В последней работе подчеркнуто говорится об «условии минимизации издержек производства как необходимом условии максимизации прибыли» (с. 66). Разумеется, в реальности предприятия могут руководствоваться и другими критериями, помимо максимизации прибыли, тем более, что предприятие представляет собой сложную структуру, в которой разные субъекты преследуют разные цели, подробнее см., например, [89, 108]. Но пока для простоты ограничимся этим, наиболее распространенным в экономической теории, критерием.

Описанная постановка оптимизационной задачи предприятия позволяет, на первый взгляд, вполне корректно декомпозировать общую задачу максимизации прибыли на две, которые можно условно обозначить следующим образом:

1) Задача выработки *технологической политики*: обеспечить минимум затрат при заданном выпуске. Решения данной задачи для различных выпусков представляют собой *функцию затрат*, или *издержек* [34, 118], отражающую именно минимальные затраты при данном выпуске.

2) Задача выработки *коммерческой политики*: обеспечить максимум прибыли, выбирая выпуск (или вектор выпусков) при заданной функции издержек, полученной в результате решения предыдущей задачи.

Эта дихотомия находит свое отражение и в реальной деятельности предприятий, в их внутренней организационной структуре. Если первую задачу решают отдел главного технолога, отдел закупок и материально-технического снабжения, и т.п., то вторая задача входит в сферу ответственности отделов маркетинга, сбыта и т.п.

Хотя описанная постановка оптимизационной задачи корректна с математической точки зрения (лишь один показатель избран в качестве целевой функции, а другой выступает как ограничение), она

¹ ИТ – информационные технологии – прим. авт.

может быть некорректной с содержательной, экономической точки зрения, особенно в наукоемких отраслях промышленности. Повсеместное проникновение описанной постановки задачи в научную и учебную литературу по экономике способно привести к ошибочным теоретическим выводам и практическим решениям. Поясним это утверждение на некоторых примерах, и систематизируем возможные причины экономической некорректности постановки задачи минимизации затрат. Ниже будут систематизированы основные содержательные противоречия, препятствующие эффективному использованию методов минимизации затрат в практике управления наукоемкими производствами.

1.4.2. Факторы, влияющие на себестоимость наукоемкой продукции

Прежде всего, выпуск – величина, имеющая размерность потока, а не запаса, т.е. измеряется в единицах продукции в единицу времени. Т.е. говорить о «заданном выпуске» можно только в стационарном режиме работы предприятия, причем, длящемся бесконечно долго. В противном случае, одному и тому же текущему выпуску могут соответствовать различные значения себестоимости – в зависимости от того, какие значения выпуск принимал ранее, и какая программа выпуска планируется далее. Это, в свою очередь, объясняется следующими причинами:

а) Выбор оборудования, технологии, поставщиков и т.п. диктуется долгосрочной стратегией развития. Поэтому, если, например, ожидается свертывание выпуска данного типа изделий в ближайшее время, может быть принято решение об использовании относительно старого оборудования, не будут реализованы программы реорганизации производственных процессов и т.п., и наоборот. Кроме того, если, например, в прошлом году было выпущено 200 самолетов данного типа, а в текущем году необходимо выпустить 100 самолетов, теоретически можно сократить объем основных фондов и численность работников до уровня, обеспечивающего мощность 100 самолетов в год. Однако если в дальнейшем спрос вновь возрастет до 200 самолетов в год, затраты на восстановление утраченного производственного потенциала могут оказаться неприемлемо высокими, и со стратегической точки зрения целесообразно было законсервировать мощности на период спада спроса, но не избавляться от них. Особо подчеркнем, что наукоемкое машиностроение как фондообразующая отрасль в принципе всегда работает в условиях высокой изменчивости спроса, подробнее см. п. 1.3.1.

б) Себестоимость зависит не только от текущего выпуска, но и от накопленного с начала ЖЦИ, благодаря эффекту обучения (см. п. 1.1). Поэтому, если к настоящему моменту было произведено больше изделий данного вида, при одном и том же текущем выпуске себестоимость будет ниже, и наоборот.

в) Хотя затраты (в т.ч. постоянные) приводятся к виду денежных потоков – в т.ч., искусственно, путем расчета амортизационных отчислений – особенности жизненного цикла наукоемкой и высокотехнологичной продукции таковы, что значительная часть постоянных затрат делается на предпроизводственной стадии, и представляет собой инвестиции в НИОКР и технологическую подготовку производства (ТПП). Естественно, эти разовые вложения распределяются на весь выпуск, накопленный к настоящему моменту. Поэтому, чем больше изделий уже произведено, тем ниже средние постоянные издержки. И возможности их дальнейшего снижения зависят от того, насколько долго продлится выпуск изделий данного типа.

И даже если под выпуском подразумевать именно накопленный выпуск с начала ЖЦИ, сумма затрат может зависеть от накопленного выпуска неоднозначным образом. Имеет первостепенное значение распределение этого накопленного выпуска во времени. При различной динамике текущего выпуска затраты будут различными. В качестве примера рассмотрим российское гражданское самолетостроение. На рис. 1.12 приведены данные о выпуске отрасли в 1992-2008 гг.

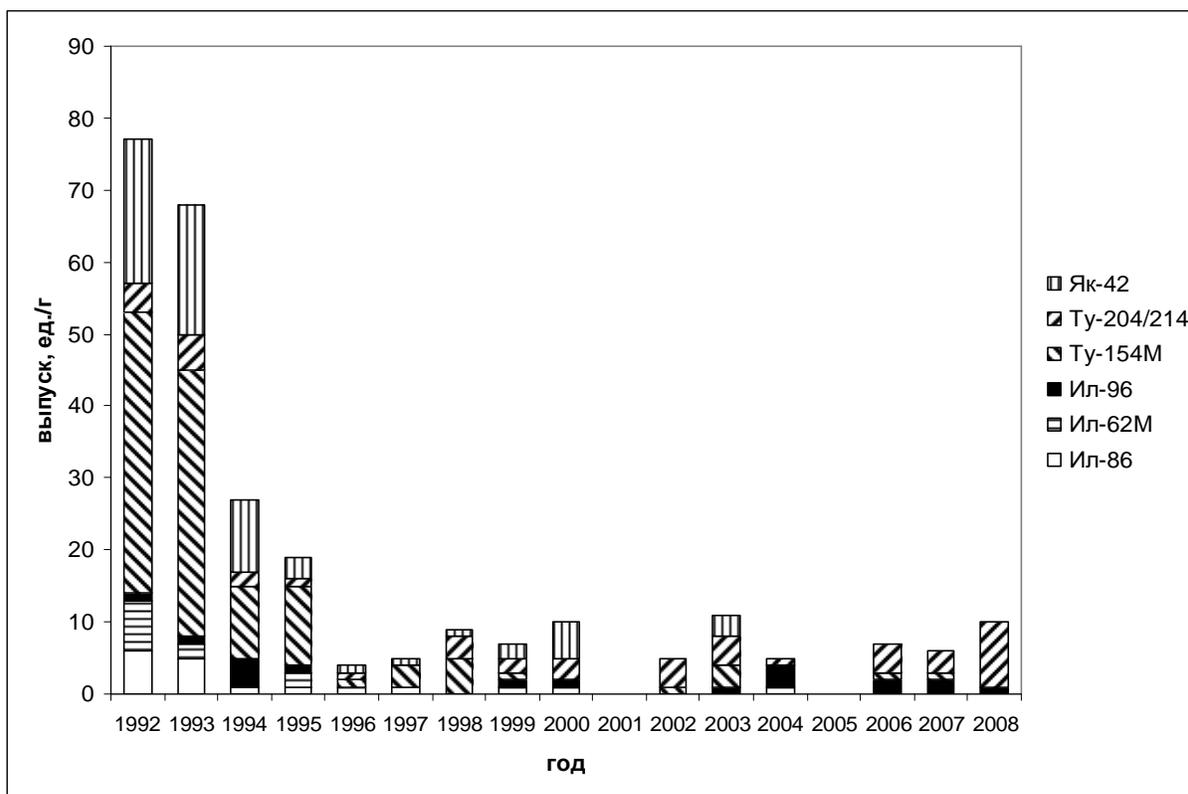


Рис. 1.12. Выпуск магистральных пассажирских самолетов в РФ в 1992-2008 гг.

Рис. 1.12 построен на основе обобщенной в монографии [64] информации Минпромэнерго и Минпромторга России, Федерального агентства по промышленности РФ, Счетной палаты РФ, по результатам обобщающих статистических исследований отраслевых экономистов и т.д. Необходимо учитывать, что в современной России отсутствует единая и общедоступная статистическая база данных о выпуске авиатехники, даже гражданской. Поэтому исходные данные, использованные при построении данного графика могут быть неполными, неточными и даже противоречивыми. Однако возможная неточность и неполнота этих данных не влияет на качественные выводы о положении отрасли. Так, за 2001 и 2005 гг. детальная информация отсутствует, но суммарный выпуск всех региональных и магистральных самолетов всех типов составил, соответственно, 14 и 8 единиц.

Как показывают статистические обследования российских авиастроительных предприятий, вопреки «классическим» представлениям об эффекте обучения, в производстве отечественных гражданских самолетов современных типов – Ил-96, Ту-204 и их модификаций – он практически не наблюдается. Причина такой «аномалии» становится очевидной, если вспомнить природу эффекта обучения. Носителями накопленного опыта являются работники предприятия. Если продукция выпускается ритмично и загрузка предприятия высока, идет интенсивное накопление опыта за счет повторения операций, устранение непроизводительных потерь, формирование полезных *рутин*. Однако выпуск российских гражданских самолетов с начала 1990-х гг. стал, фактически, штучным, см. рис. 1.12. В силу штучного и нерегулярного характера производства авиатехники, за время, прошедшее с момента выпуска предыдущего экземпляра, даже работники, принимавшие участие в его изготовлении, успевают забыть многое из того, с чем им пришлось при этом столкнуться, и формирования навыков почти не происходит. Ситуация усугубляется текучестью кадров (именно по причине низкой загрузки предприятий, неконкурентоспособного уровня заработной платы и т.п.), которая приводит к потере даже небольшого приобретенного опыта.

Таким образом, себестоимость продукции зависит не только от текущего выпуска, но и от предыстории его изменения, и от перспективных производственных планов. Т.е. зависимость себестоимости производства от текущего выпуска продукции (называемая в экономической теории функцией затрат) принципиально неоднозначна. Текущий выпуск представляет собой лишь одну

точку на траектории изменения выпусков в течение ЖЦИ – а, как обосновано выше, себестоимость продукции определяется всей этой траекторией, а также планами ее изменения.

Помимо количественных показателей, существенное влияние на себестоимость оказывает и качество продукции. Это влияние неоднозначно – вопреки распространенному стереотипу, снижение уровня дефектности продукции может сопровождаться снижением себестоимости благодаря внедрению современных принципов менеджмента качества, в частности, превентивного обеспечения бездефектности продукции (подробнее см., например, [19]). Тем не менее, себестоимость продукции, безусловно, очень сильно варьирует в зависимости от уровня качества, который, в свою очередь, является весьма сложной категорией. Большинство рынков наукоемкой продукции – это рынки неоднородных благ, предназначенных для удовлетворения глубоко дифференцированного спроса. Для каждого из потенциальных потребителей качество продукции данного производителя может быть индивидуальным. Во многих отраслях (например, в авиастроении) продукция представляет собой композитное благо, включающее в себя как изделия (как правило, длительного пользования), так и комплекс услуг их сопровождения на протяжении всего жизненного цикла. Качество такого композитного блага измеряется многими показателями (каждому из которых разные потребители придают разное значение), и может в принципе не сводиться к единственной скалярной величине (подробнее см., например, [65]). Цены и себестоимости наукоемкой продукции различаются в несколько раз даже для изделий одного класса. Причем, поскольку в настоящее время большинство традиционных технологий в сфере авиастроения близко к пределу своего совершенствования (иными словами, достигнут верхний участок S-образной кривой), даже относительно небольшое повышение качества достигается за счет прогрессирующего увеличения себестоимости. Т.е. в период исчерпания пределов совершенствования технологий зависимость себестоимости продукции от уровня ее качества усиливается.

1.4.3. Анализ эффективности минимизации издержек «при прочих равных условиях»

Проведенный выше анализ показывает, что текущий выпуск не только не является единственным фактором, определяющим затраты – в наукоемких и высокотехнологичных отраслях он не является и основным. Можно возразить, что описанные факторы – динамику выпуска и развития мощностей, качество продукции и т.п. – достаточно обобщить термином «прочие равные условия», и скорректировать с его помощью традиционную постановку задачи. Однако такая модификация модели оптимальной производственной политики не является удовлетворительным решением обсуждаемой проблемы, по ряду причин.

Во-первых, наличие множества «прочих равных» условий, определяющих затраты, нередко сокращает число возможных вариантов технологической политики до одного. Но оптимизация подразумевает свободу выбора, наличие нескольких вариантов поведения, из которых нужно выбрать наилучший. Таким образом, при наличии многочисленных «прочих равных» условий, задача оптимизации технологической политики может вырождаться, и цель минимизации затрат становится неоперациональной.

Во-вторых, на современных рынках наукоемкой продукции перечисленные «прочие равные условия» оказывают сильное, нередко – решающее влияние не только на себестоимость продукции, но и на возможные объемы продаж, цены и, в конечном счете, - выручку.

Влияние качества продукции на ее конкурентоспособность и, как следствие – на занимаемую долю рынка, объем продаж, финансовые результаты производства – не нуждается в дополнительном обосновании. В наукоемких отраслях, в частности, в авиастроении, роль качества существенно превосходит роль цены изделия, поскольку для изделий с длительным жизненным циклом она может составлять малую часть общей стоимости владения. Например, в гражданской авиации на стоимость приобретения авиатехники приходится лишь 15-25% суммарных эксплуатационных затрат (подробнее см., например, [80]), которые, в свою очередь, определяются такими показателями качества, как расход топлива, ресурс, трудоемкость техобслуживания и ремонта (ТОиР), и т.п. Более того, возможны ситуации, когда неэкономичное в эксплуатации изделие не будет пользоваться спросом даже при нулевой цене. Этот эффект наблюдается, когда изделие морально устарело (иначе говоря, когда конкурирующие изделия обладают прорывным преимуществом перед данным, см. п. 1.3.2).

Также решающее влияние на объемы продаж и выручку оказывает динамика разработки наукоемких изделий и развития производственных мощностей, лимитирующих выпуск. Как показано в п. 1.2, на рынках инновационной продукции все большее значение приобретает время выхода нового продукта на рынок, запаздывание относительно конкурентов или, наоборот, опережение. Фактически, именно временная конкуренция становится наиболее жесткой на многих рынках инновационных товаров и услуг. Ускорение разработки и освоения производства нового продукта может потребовать дополнительных затрат, которые, тем не менее, многократно оправдываются временным преимуществом перед конкурентами, возможностью монопольного присутствия в новом сегменте рынка (до появления имитаторов) и т.д.¹ Т.е. дополнительные вложения в ускорение вывода нового продукта на рынок могут способствовать максимизации прибыли, но, в то же время, вступают в противоречие с принципом минимизации расходов при заданном выпуске. Аналогичные противоречия могут возникать при определении целевого уровня качества перспективной продукции. Нередко дополнительные затраты на повышение качества продукта позволяют повысить его конкурентоспособность, привлечь дополнительных потребителей, получить дополнительную выручку и повысить прибыль². Тем не менее, на практике стремление минимизировать затраты нередко приводит к целенаправленному снижению качества продукции. Во многих приведенных примерах дополнительные затраты могут обеспечить еще больший прирост выручки и, следовательно, увеличение прибыли, а стремление сэкономить – к потере выручки и прибыли. Но в реальности решение может быть принято именно в пользу экономии издержек, в т.ч. благодаря институционально укорененной в структуре предприятий дихотомии технологической и коммерческой политики.

1.4.4. Современная постановка задачи оптимального планирования развития наукоемких производств

Проведенный анализ показывает, что именно качественные характеристики продукции, динамика ее выпуска, программа развития производственных мощностей и т.п. оказывают решающее влияние как на затраты, так и на выручку предприятия. Поэтому разделение технологической и коммерческой политики становится невозможным с содержательной точки зрения. Более того, можно заметить, что и сама классическая задача коммерческой политики – управление выпусками и ценами – в современных условиях становится неоперациональной. Выпуск не устанавливается произвольным образом, а ограничивается:

- спросом, на который, в свою очередь, решающее влияние оказывают т.н. *неценовые детерминанты*³ – параметры качества продукции, время выхода нового изделия на рынок и т.п.;
- уровнем производственных мощностей, который зависит от инвестиционной политики предприятия в предшествующие периоды, и др.

Заметим, что все перечисленное – это лишь ограничения сверху. Как правило, в наукоемких отраслях фирмы заинтересованы в том, чтобы продать как можно больше изделий, поскольку их средняя себестоимость с ростом накопленного выпуска, вследствие вышеописанных особенностей, только сокращается (подробнее см. п. 1.1).

Что касается цены, как показано выше, она не является наиболее эффективным инструментом управления спросом в наукоемких отраслях. Действенный инструмент повышения спроса – именно повышение качества и конкурентоспособности продукции, что, в свою очередь, требует инвестиций в НИОКР, в развитие инфраструктуры ТООИР и т.п.

¹ Подробнее о временной конкуренции, принципах ее моделирования и основных факторах, проявляющихся в этом процессе, см. п. 3.2.1 и книгу [63].

² В теории менеджмента качества эти эффекты были в центре внимания изначально, поэтому можно проследить сложную эволюцию подходов к измерению затрат на качество и взглядов на необходимость их минимизации, см., например, [19].

³ Строго говоря, это означает, что не только понятие функции издержек, но и понятие функции спроса в его классической трактовке – как зависимости спроса от цены – становится применительно к сложной наукоемкой продукции неоперациональным.

Кроме того, необходимо учитывать, что предприятия (тем более, в наукоемких отраслях) функционируют в условиях разнообразных рисков. И нередко минимизация ожидаемых затрат сопровождается ростом риска их увеличения.

Разумеется, автор не претендует на первенство в критике классической оптимизационной задачи фирмы и в разработке альтернативных инструментов управления развитием предприятий. Наиболее известные и успешные результаты в этой области получены в рамках всемирно известной концепции *системы сбалансированных показателей* Д. Нортон и Р. Каплана [57]. Можно рассматривать разработанные здесь рекомендации как вклад в конкретизацию данной концепции применительно к наукоемким отраслям промышленности.

Необходимо учитывать и макроэкономические аспекты распространения парадигмы минимизации издержек. Поскольку экономическое образование оказывает влияние на поведение экономических агентов, можно утверждать, что в массовом поведении руководителей фирм и государственных чиновников во всем мире проявляется именно стремление к минимизации затрат, особенно обострившееся в период глобального финансово-экономического кризиса. Как показал анализ подобных явлений, проведенный еще Д.М. Кейнсом, на макроуровне сокращение расходов усиливается мультипликативным эффектом, подробнее см. [104]. Снижение расходов (притом, далеко не всегда непроизводительных) под предлогом экономии сокращает доходы производителей соответствующих благ, что, в свою очередь, приводит к дальнейшему снижению платежеспособного спроса, и т.д. Т.е. действует пагубный механизм положительной обратной связи. Можно полагать, что императив минимизации затрат играет значительную роль в усугублении глобальных кризисов депрессивного типа, со всеми вытекающими социально-экономическими последствиями. Если же фирмы будут руководствоваться стратегическими соображениями в управлении своим развитием, это существенно ослабит микроэкономические факторы, способствующие развитию макроэкономических кризисов.

Как показывает проведенный анализ, постановка традиционной для экономической теории задачи минимизации затрат предприятия, особенно в наукоемких отраслях, может быть некорректной и нецелесообразной. Суммируя вышеописанные недостатки процедуры минимизации затрат для заданного выпуска, можно сказать, что такая постановка задачи нестратегична, т.е. не способствует достижению стратегических целей развития предприятия, максимизации его главной целевой функции (прибыли или иной целевой величины). Необходимо непосредственно ставить задачу ее максимизации с учетом разнообразных рисков, без декомпозиции, которая привычна и удобна в учебно-методическом отношении, но на практике порождает неэффективные и даже опасные управленческие решения. При этом на современных конкурентных рынках наукоемкой продукции даже управляющие переменные отличаются от тех, что используются в классической оптимизационной задаче фирмы. Основными управляющими переменными, определяющими «фазовые переменные» развития фирмы (выпуск, цену продукции, затраты и финансовые результаты) являются, как показал проведенный выше анализ, параметры инвестиционной и инновационной политики.

Таким образом, управление инновационным развитием и составляет суть стратегического управления развитием наукоемких производств. Возможно, такое изменение содержания управления экономическими объектами проявляется и на макроэкономическом уровне, и будущее страны в долгосрочной перспективе существенно сильнее зависит от стратегических научно-исследовательских программ (реализуемых при решающей роли государства) и образовательной политики, чем от традиционно изучаемых экономистами монетарных и фискальных рычагов. Вероятно, именно из таких предпосылок исходят в последние годы ведущие экономически развитые страны мира, см. [95, 138]. В этой связи интересно заметить, что в нашей стране до определенного момента не подвергалась сомнению направляющая роль государства в научно-техническом развитии. В СССР действовал, причем, на постоянной основе, Государственный комитет по науке и технике (ГКНТ), который занимался комплексным долгосрочным прогнозированием и планированием развития технологий, координировал соответствующие усилия различных министерств и ведомств. К этим работам привлекались ведущие ученые страны и наиболее высококвалифицированные специалисты, а некоторые нормативные акты, разработанные для правового обеспечения управления НТП, и в современных условиях вполне актуальны для формирования национальных инновационных систем, подробнее см. [23, 29, 44, 48]. Распад советской экономической системы привел к отказу и от позитивных элементов советского опыта, хотя экономика наиболее развитых зарубежных стран,

вопреки распространенному стереотипу, носит именно плановый характер – в особенности в сфере управления технологическим развитием. Разрабатываются и успешно претворяются в жизнь долгосрочные стратегические планы инновационного развития отраслей и отраслевых комплексов. Яркий пример – Национальный план США в области авиации [135], причем, важно подчеркнуть, что это именно общенациональный план, не дублирующий стратегий развития частных авиастроительных корпораций. Разумеется, реализация этих планов опирается преимущественно на экономические стимулы и инструменты, а не командно-административные.

Традиционное возражение сторонников ультралиберальной экономической политики против государственного регулирования инновационной деятельности таково: государственное вмешательство подавляет инновационную активность, а наиболее впечатляющие инновационные прорывы (особенно в «новых» отраслях экономики, составляющих ядро 5-6 технологических укладов) реализуются именно за счет частной инициативы. Как правило, в качестве основного примера приводится т.н. *Кремниевая долина (Silicon Valley)* в Калифорнии (США), в которой сосредоточено большое количество предприятий ИТ-индустрии, микроэлектронной промышленности и т.п. Действительно, подавляющее большинство этих инновационно активных предприятий – частные, причем, нередко они относятся не к крупным, а к средним или малым. На первый взгляд, это – яркая иллюстрация преимущества частной инициативы предпринимателей новаторов перед инертным государственным аппаратом или консервативными крупными компаниями. Однако такой взгляд следует признать поверхностным и тенденциозным. Решающая роль в возникновении «феномена Кремниевой долины» принадлежит именно государству, подробнее см. [95]. Приведем в пример хотя бы две важнейшие технологии в данной сфере – Интернет и спутниковую навигацию (*GPS, Global Positioning System*, система глобального позиционирования). Пробраз глобальной компьютерной сети – *Arpanet* – был создан и отработан в национальных исследовательских лабораториях, изначально для обмена научными данными. Система глобального позиционирования изначально создавалась для обеспечения навигации военных объектов (самолетов, кораблей, ракет и т.п.), и лишь спустя несколько лет была также открыта для коммерческого использования. Естественно, оба эти проекта, требовавшие многомиллиардных инвестиций, были осуществлены полностью за государственный счет. Инфраструктура Интернет и *GPS* представляют собой общественные блага, производящие сильные положительные внешние эффекты. Поэтому, в полном согласии с институциональной экономической теорией, ее создание за счет частных инвестиций вряд ли было бы возможно. Когда эта инфраструктура была создана, фирмы, производящие с ее помощью разнообразные изделия и услуги, и в самом деле, могли развиваться без особой государственной поддержки, поскольку она уже была оказана.

Активное участие государства в поддержке инновационного развития соответствует концепции «экономики предложения», известной в области макроэкономического регулирования. Эта концепция предполагает более активное участие государства в повышении благосостояния – не только пассивную стабилизацию (как правило, за счет воздействия на совокупный спрос в экономике), но активное стимулирование роста производства, т.е. повышение совокупного предложения. В экономической истории США можно выделить два этапа развития «экономики предложения». Экономический курс президента Р. Рейгана, получивший название «рейганомики», в основном, был нацелен на то, чтобы не мешать предпринимателям работать: были снижены ставки многих налогов, сняты многие административные барьеры и т.п. Второй этап развития и практической реализации концепции «экономики предложения» примерно соответствует президентству Б. Клинтона. Он ознаменовался активным участием государства в научно-техническом развитии экономики. Результатом такой политики стал значительный инновационный рывок экономики США (связанный, в силу совпадения с приходом пятого ТУ, прежде всего, с ее информатизацией, см. [95]).

В последнее время в России появился ряд противников стратегического планирования инновационного развития, использующих новую аргументацию, отличную от либерально-неоклассической. Они делают акцент на критике «линейной модели» инновационных процессов (см. п. 1.1), и на этом основании полагают в принципе непродуктивным любое планирование этих процессов и их государственное регулирование. При этом всячески подчеркивается «отсталость» российской науки, «до сих пор оперирующей линейной моделью инновационных процессов», от передовой зарубежной (см., например, [26]). Однако при этом в наиболее экономически развитых странах мира успешно разрабатываются и выполняются стратегические планы развития наукоемких отраслей, совершенствуются методы прогнозирования и управления (в т.ч. государственного)

инновационными процессами. Существует разница между рекомендациями, которые даются развивающимся странам (в т.ч. России), и реальной практикой функционирования ведущих экономик мира. Разумеется, детерминистическое планирование инновационного развития наукоемкой промышленности принципиально невозможно. Как будет подробно обосновано далее, инновационное развитие неизбежно сопряжено с риском. Однако будущее, хотя и является неопределенным, отнюдь не произвольно. Поэтому стратегическое планирование инновационного развития бессмысленно и необходимо.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

Анализ экономических особенностей наукоемкой промышленности и ее современного состояния в России показал следующее:

- В наукоемкой промышленности велика стоимость и длительность НИОКР, а во многих высокотехнологичных отраслях, кроме того, сильны эффекты обучения, приводящие к удешевлению производства и эксплуатации изделий по мере накопления опыта. При этом спады выпуска приводят к необратимой утрате потенциала предприятий и отраслей. Поэтому выпуск наукоемкой продукции должен быть относительно массовым и стабильным.

- Многие отрасли российской наукоемкой промышленности утратили свои позиции не только на мировом, но и на российском рынке. Освоение новых емких ниш рынков наукоемкой продукции может быть более эффективным с коммерческой точки зрения и менее рискованным, чем прямая конкуренция с зарубежной промышленностью в традиционных рыночных сегментах. Но даже в самых экономически развитых странах мира спрос на наукоемкую продукцию, в особенности, длительного пользования, очень чувствителен к колебаниям экономической конъюнктуры.

- Прорыв на новые или возвращение на утраченные рынки, а также смягчение влияния макроэкономической цикличности возможны при создании новых изделий, обладающих «прорывным» превосходством над существующими. Сформулирован объективный экономический критерий прорывного изделия длительного пользования. Однако, по мере приближения пределов развития традиционных технологий, возможности создания таких изделий сокращаются. Таким образом, как в России, так и за рубежом назрела необходимость осуществления радикальных инноваций в различных отраслях наукоемкой промышленности.

- На рынках инновационной продукции сильна временная конкуренция, т.е. важно вывести новый продукт на рынок как можно раньше. В противном случае аутсайдер может «отстать навсегда» от лидера – проявится т.н. *эффект блокировки*.

- Традиционная задача минимизации затрат при заданном выпуске в наукоемких отраслях неоперациональна. Для эффективного достижения стратегических целей развития предприятий необходимо непосредственно управлять инновационным процессом, определяющим конкурентоспособность продукции, объемы ее продаж, производственные затраты, инвестиции и их динамику. Аналогичные эффекты проявляются и на макроуровне, поэтому управление инновационным развитием становится основой управления, как фирмой, так и национальной экономикой.

Глава 2. Оптимальное планирование сроков выхода на рынок и целевого уровня характеристик новой продукции

2.1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВРЕМЕНИ ВЫХОДА НА РЫНОК НА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ НОВОГО ПРОДУКТА

2.1.1. Проблема выбора между временным и качественным превосходством инновационной продукции

При планировании инновационных разработок нередко возникает дилемма: выйти на рынок раньше, или улучшить технико-экономические характеристики перспективного продукта? С одной стороны, преимущество во времени выхода на рынок позволяет увеличить длительность периода продаж и, возможно, занимать монопольное положение на рынке в течение некоторого времени. Во многих высокотехнологичных отраслях промышленности действует эффект обучения – как в производстве, так и в эксплуатации, приводящий к снижению себестоимости продукции и удельных затрат на ее эксплуатацию с ростом накопленного выпуска и опыта эксплуатации. Таким образом, к моменту выхода на рынок фирм-последователей, лидер может приобрести настолько значимое ценовое преимущество, что последователям станет невыгодно вступать с ним в конкуренцию – проявится эффект блокировки. С другой стороны, фирма-последователь в ходе более длительных НИОКР может достичь более высокого уровня технико-экономического совершенства продукции, а также избежать некоторых ошибок, сделанных лидером (учитывая их в своих разработках). Особенно значимым это превосходство может быть на рынках изделий длительного пользования, подавляющая часть стоимости жизненного цикла которых приходится именно на послепродажные стадии. В силу ограниченности ресурсов, выделяемых на НИОКР (как финансовых, так и кадровых, интеллектуальных), а также ограниченных возможностей совершенствования продукции после начала серийного производства, цели достижения временного или качественного превосходства над конкурентами могут быть взаимоисключающими. Поэтому выбор между этими целями является чрезвычайно ответственным, и должен быть научно обоснован.

В данном разделе описанная проблема изучается на примере рынка гражданской авиатехники. Стратегия инновационного развития российского гражданского авиастроения предусматривает создание и освоение серийного производства ряда перспективных типов гражданских самолетов и авиадвигателей. И если региональный самолет *Sukhoi SuperJet 100* уже проходит испытания, то основной перспективный проект отрасли - среднемагистральный самолет МС-21 - еще находится в стадии проектирования, а его выход на рынок намечен на 2015-2016 гг., подробнее см. [146, 147]. Все новые отечественные проекты гражданской авиатехники ориентированы на мировой рынок, а внутренний российский рынок открыт для зарубежных производителей. Поэтому реализация производственных планов отрасли требует обеспечения конкурентоспособности перспективных изделий в присутствии зарубежных аналогов. Для МС-21 в качестве таковых рассматриваются, прежде всего, самолеты семейства А-319/320/321 западноевропейского консорциума *Airbus Industry* и самолеты семейства *Boeing-737-700/800/900* американской компании *Boeing*. Однако после 2020 г. производители этих популярных изделий, мировые лидеры в области гражданского самолетостроения планируют вывести на рынок принципиально новые модели соответствующего класса на смену вышеупомянутым изделиям, разработанным в 1980-1990-х гг. Весьма вероятно, что уровень технико-экономических характеристик новых зарубежных изделий будет выше, чем уровень, заложенный в проект МС-21. Однако разработчики отечественного самолета рассчитывают на временное преимущество своего изделия, позиционируя МС-21 как *переходный тип* воздушных судов, призванный закрепиться на т.н. *якорном рынке* до появления новых изделий зарубежных конкурентов. Даже если новейшие разработки зарубежных конкурентов эффективнее, вполне возможно, что ряд авиакомпаний не пожелает (или не сможет) ждать их появления на рынке, и сделает выбор в пользу нового российского продукта. В то же время, гражданские самолеты являются изделиями с чрезвычайно длительным сроком службы (порядка 20 и более лет), а подавляющая часть стоимости их жизненного цикла приходится именно на этап эксплуатации. Поэтому решающую роль в выборе авиакомпаний могут сыграть меньшие, по сравнению с переходным типом, эксплуатационные затраты перспективных зарубежных изделий.

Необходим научно обоснованный ответ на актуальнейший вопрос инновационного менеджмента: что важнее – преимущество во времени выхода продукции на рынок или в уровне технико-экономического совершенства? В работах отечественных ученых и специалистов (см.,

например, [65, 100]) особое внимание уделяется сравнению технико-экономических характеристик новых российских самолетов и авиадвигателей с зарубежными аналогами, но в статической ситуации, без учета времени их появления на рынке. В работах ряда зарубежных ученых (см., например, [126]), напротив, рассматриваются динамические модели конкуренции на рынке гражданской авиатехники, однако в них не учитываются процессы инновационного развития отрасли, практически не учитываются возможности существенного улучшения технико-экономических характеристик изделий. На поведение авиакомпаний оказывают влияние как временные, так и качественные факторы, поэтому необходимо одновременно формировать требования, как к технико-экономическим показателям перспективной продукции, так и к срокам ее вывода на рынки. В данном разделе предлагается методологический аппарат для экономического обоснования таких требований, разработанный при участии А.Л. Русановой [76].

2.1.2. Модель выбора между продуктами с различными характеристиками, выходящими на рынок в разное время

Формализуем описанную выше ситуацию следующим образом. Предположим, что в настоящее время на рынке представлено i -е поколение гражданской авиатехники, которое широко распространено в парках авиакомпаний. Также известно, что в году T^k на рынке появится принципиально новое, k -е поколение изделий, обладающее лучшими технико-экономическими характеристиками. Последние можно представить в следующем виде. Пусть суммарная стоимость летного часа $c_{\text{час}}$ складывается из амортизации $c_{\text{ам}}$ и суммарных операционных затрат $c_{\text{опер}}$, включающих в себя затраты на авиатопливо, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР), оплату труда экипажа, аэропортовые сборы и т.д., подробнее см. [80]:

$$c_{\text{час}} = c_{\text{ам}} + c_{\text{опер}}.$$

Предположим, что известны операционные затраты изделий современного и нового поколений $c_{\text{опер}}^i$ и $c_{\text{опер}}^k$, а также цена P^k и ресурс τ^k изделий нового поколения, что позволяет оценить амортизационные отчисления в расчете на летный час (в данной отрасли они могут рассчитываться именно таким образом, см. [80]):

$$c_{\text{ам}}^k = \frac{P^k}{\tau^k}.$$

Предположим, что отечественные предприятия планируют представить на рынке переходный тип авиатехники, обозначаемый индексом j . Он обладает промежуточными технико-экономическими характеристиками, превосходя по экономической эффективности нынешнее поколение изделий, но уступая новому:

$$c_{\text{час}}^k < c_{\text{час}}^j < c_{\text{час}}^i; \quad c_{\text{опер}}^k < c_{\text{опер}}^j < c_{\text{опер}}^i.$$

В какой самый поздний срок $T^j < T^k$ переходный тип изделий должен появиться на рынке, чтобы он пользовался спросом у авиакомпаний? Рассмотрим процесс принятия авиакомпанией решений о приобретении новых воздушных судов в период после появления на рынке изделий переходного типа, т.е. при $T \geq T^j$. Для простоты предположим, что среднегодовой налет на одно воздушное судно составляет h летных часов в год, и не изменяется в течение периода моделирования (хотя в более корректных расчетах можно учесть изменение среднегодового налета со временем). Предположим, что на момент $T \in [T^j; T^k)$ в парке имеется современное ВС поколения i , обладающее остатком ресурса $\delta\tau^i$ (очевидно, меньшим, чем ресурс изделий переходного типа: $\delta\tau^i < \tau^j$), позволяющим эксплуатировать его, по меньшей мере, до появления принципиально нового поколения k (а возможно, и далее), т.е. $T + \frac{\delta\tau^i}{\eta} \geq T^k$. В этот же момент можно приобрести ВС переходного типа j . Будем считать, что период между возможной покупкой ВС переходного типа и появлением на рынке нового поколения изделий короче, чем календарный срок службы переходного

типа ВС: $T^k - T < \frac{\tau^j}{\eta}$. В противном случае, очевидно, что целесообразно приобрести ВС переходного типа и эксплуатировать их, по меньшей мере, до появления принципиально нового типа изделий. Тогда, в общем случае, возможны следующие 4 альтернативы:

а) приобрести ВС переходного типа j и эксплуатировать его до полной выработки ресурса (которая, по условию, произойдет позже выхода на рынок изделий нового типа, т.е. уже после T^k);

б) приобрести ВС переходного типа j и списать его, несмотря на наличие остатка ресурса, при появлении на рынке изделий нового типа в момент T^k ;

в) эксплуатировать ВС типа i до появления на рынке изделий принципиально нового типа в момент T^k , и в этот момент приобрести изделие нового типа k , несмотря на наличие остатка ресурса ВС i -го типа;

г) эксплуатировать ВС типа i до полной выработки ресурса в момент $T + \frac{\delta\tau^i}{\eta}$, далее заменяя его на изделие нового типа k (что возможно, поскольку $T + \frac{\delta\tau^i}{\eta} \geq T^k$).

Наибольший интерес в данной работе представляют собой условия, при которых предпочтительными будут стратегии (а) и (б), соответствующие приобретению ВС переходного типа. Даже если изделие переходного типа будет приобретено, после выработки ресурса оно подлежит замене на ВС нового поколения, поскольку последние более эффективны. Таким образом, для сопоставимости альтернативных стратегий обновления парка ВС необходимо и достаточно рассмотреть период вплоть до выработки ресурса ВС переходного типа. Т.е. период моделирования начнется в текущий момент T и закончится в момент $T + \frac{\tau^j}{\eta}$. Необходимо сопоставить суммы

затрат, понесенных авиакомпанией в каждом случае, за период моделирования $\left[T; T + \frac{\tau^j}{\eta} \right]$. На рис.

2.1-2.4 наглядно изображены потоки затрат, соответствующие описанным стратегиям. Горизонтальными линиями изображены потоки регулярных платежей, вертикальными заштрихованными прямоугольниками – единовременные платежи.

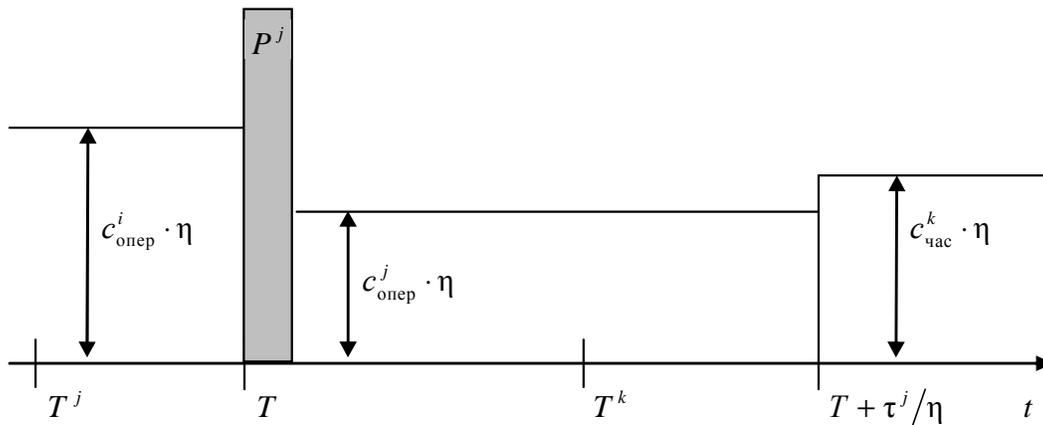


Рис. 2.1. Потоки затрат авиакомпании при стратегии (а)

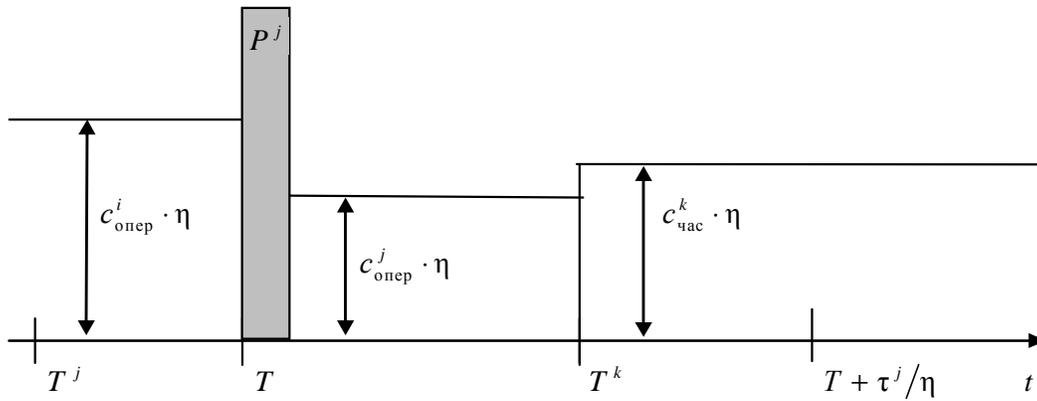


Рис. 2.2. Поток затрат авиакомпании при стратегии (б)

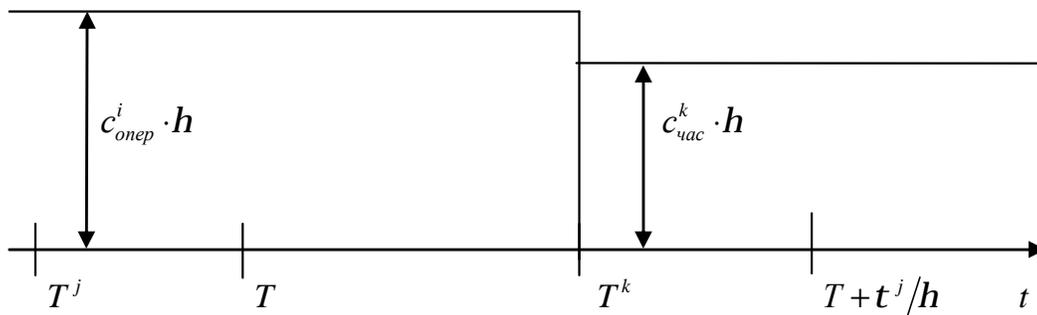


Рис. 2.3. Поток затрат авиакомпании при стратегии (в)

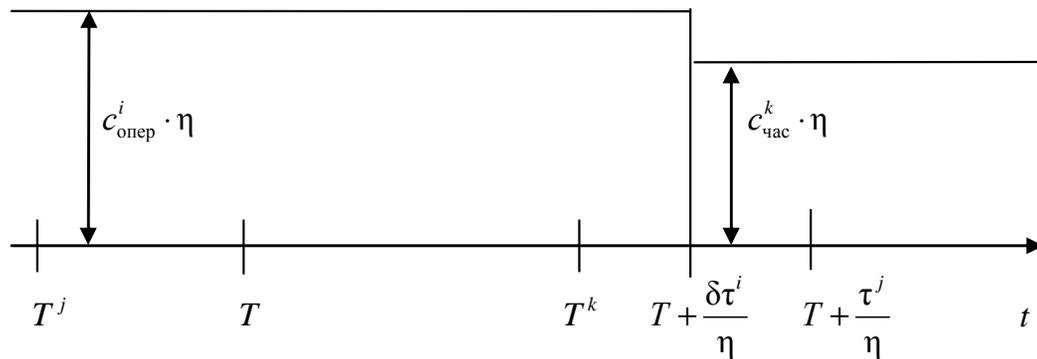


Рис. 2.4. Поток затрат авиакомпании при стратегии (г)

Необходимо пояснить некоторые допущения, содержащиеся в этих схематичных графиках. Во-первых, мы считаем, что авиакомпании, приобретая изделия переходного типа j , уплачивают их полную стоимость, и в случае досрочной замены изделий на новые по причине морального устаревания не смогут вернуть даже часть вложенных средств, поскольку в масштабах отрасли не найдется желающих приобрести морально устаревшие изделия на вторичном рынке. Поэтому цена изделий переходного типа рассматривается как единовременный платеж. Во-вторых, изделия нового поколения k будут эксплуатироваться и за пределами периода моделирования. Поэтому единовременные затраты на их приобретение распределяются равномерно на весь срок их службы, и

в пределах периода моделирования выражаются потоком амортизационных отчислений $c_{ам}^k = \frac{P^k}{\tau^k}$.

Поэтому поток затрат, связанных с приобретением и эксплуатацией самолетов нового типа, равен $c_{опер}^k + c_{ам}^k = c_{час}^k$.

Суммы затрат за период $\left[T; T + \frac{\tau^j}{\eta} \right]$, соответствующих стратегиям (а-г), выражаются следующими формулами:

$$C_a = P^j + c_{опер}^j \cdot \tau^j;$$

$$C_b = P^j + c_{опер}^j \cdot \eta \cdot (T^k - T) + \left(\frac{P^k}{\tau^k} + c_{опер}^k \right) \cdot \eta \cdot \left(T + \frac{\tau^j}{\eta} - T^k \right);$$

$$C_b = c_{опер}^i \cdot \eta \cdot (T^k - T) + \left(\frac{P^k}{\tau^k} + c_{опер}^k \right) \cdot \eta \cdot \left(T + \frac{\tau^j}{\eta} - T^k \right);$$

$$C_r = c_{опер}^i \cdot \delta \tau^i + \left(\frac{P^k}{\tau^k} + c_{опер}^k \right) \cdot (\tau^j - \delta \tau^i).$$

Сравнение соответствующих сумм затрат показывает, что стратегия (а) будет предпочтительнее, чем (б), т.е. приобретенное изделие переходного типа (если будет принято решение о его покупке) выгоднее эксплуатировать до полной выработки ресурса, чем досрочно заменить его на ВС принципиально нового типа, при $\left[c_{опер}^j - \left(\frac{P^k}{\tau^k} + c_{опер}^k \right) \right] \cdot [\tau^j - \eta \cdot (T^k - T)] < 0$, но $T^k - T < \frac{\tau^j}{\eta}$, поэтому необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие

$$c_{опер}^j < \frac{P^k}{\tau^k} + c_{опер}^k = c_{час}^k \quad (2.1)$$

(это становится более понятным при сравнении рис. 2.1 и 2.2). В противном случае при появлении на рынке изделий k -го типа авиакомпаниям будет выгодно немедленно приобрести их и заменить изделия переходного типа j , даже если они обладают остатком ресурса, т.е. последние морально устареют. В п. 1.3.2 такое превосходство изделий нового поколения предложено называть прорывным. Таким образом, чтобы приобретенные ВС переходного типа было выгодно эксплуатировать до полной выработки ресурса, самолеты k -го типа не должны обладать прорывным преимуществом перед изделиями j -го, переходного типа.

Стратегия (а) будет предпочтительнее, чем (в), при выполнении следующего неравенства:

$$\Delta T = T^k - T > \frac{P^j + (c_{опер}^j - c_{час}^k) \cdot \tau^j}{(c_{опер}^i - c_{час}^k) \cdot \eta} = \frac{c_{час}^j - c_{час}^k}{c_{опер}^i - c_{час}^k} \cdot \frac{\tau^j}{\eta}.$$

Поскольку по условию $c_{час}^j > c_{час}^k$, выражение в правой части полученного неравенства будет положительным лишь при условии, что $c_{опер}^i > c_{час}^k$, т.е. изделия принципиально нового, k -го типа обладают прорывным превосходством над ВС i -го типа. Но в этом случае стратегия (в) заведомо выгоднее стратегии (г), поэтому рассматривать последнюю нецелесообразно.

Отношение $\frac{\tau^j}{\eta}$ равно ожидаемому календарному сроку службы изделий переходного типа до

полной выработки ресурса. Поскольку по условию $\Delta T = T^k - T \leq \frac{\tau^j}{\eta}$, необходимо, чтобы отношение

$\frac{c_{\text{час}}^j - c_{\text{час}}^k}{c_{\text{опер}}^i - c_{\text{час}}^k}$ было меньше 1. При положительных числителе и знаменателе, это означает, что $c_{\text{час}}^j < c_{\text{опер}}^i$. Но это и есть условие прорывного превосходства переходного, j -го типа изделий над современным, i -м. Таким образом, если новое поколение изделий зарубежных конкурентов является прорывным по отношению к предыдущему, тогда и переходный тип изделий должен обладать прорывным превосходством над современными зарубежными изделиями. Только в этом случае будет выгодным приобретение ВС переходного типа взамен современных самолетов, еще обладающих остатком ресурса.

2.1.3. Соотношение качественного и эквивалентного временного превосходства продукции над конкурентами

Необходимо проанализировать зависимость необходимого опережения переходного типа изделий относительно новых изделий конкурентов ΔT от технико-экономических параметров конкурирующих изделий. При $c_{\text{час}}^j \rightarrow c_{\text{час}}^k$, $\Delta T \rightarrow 0$. Т.е. чем ближе уровень технико-экономических характеристик переходного типа изделий к уровню принципиально новых изделий конкурентов, тем меньше необходимое временное преимущество, и наоборот.

Из полученного выражения неочевидно влияние ресурса изделий переходного типа t^j . На первый взгляд, его повышение неблагоприятно для производителей переходного типа изделий, поскольку в выражении для ΔT значение t^j находится в числителе. Однако если рассмотреть данное выражение в следующей форме:

$$\Delta T > \frac{P^j + (c_{\text{опер}}^j - c_{\text{час}}^k) \cdot \tau^j}{(c_{\text{опер}}^i - c_{\text{час}}^k) \cdot \eta}, \quad (2.2)$$

и учесть, что $c_{\text{опер}}^j < c_{\text{час}}^k$ (в противном случае стратегия (б) предпочтительнее стратегии (а), и новые изделия конкурентов обладают прорывным преимуществом над ВС переходного типа), становится очевидным, что с ростом ресурса изделий переходного типа требуемое временное превосходство сокращается. Этого и следовало ожидать, поскольку повышение ресурса при фиксированной цене изделия означает снижение амортизационных затрат на летный час и стоимости летного часа.

Можно поставить и обратную задачу: определить уровень стоимости летного часа ВС переходного типа, необходимый для того, чтобы они пользовались спросом в определенный момент времени. Преобразуя формулу (2.2), получим следующее соотношение:

$$c_{\text{час}}^j < c_{\text{час}}^k + \Delta T \cdot \frac{\eta}{\tau^j} \cdot (c_{\text{опер}}^i - c_{\text{час}}^k). \quad (2.3)$$

Весьма удобно, что в полученном выражении могут использоваться не абсолютные значения эксплуатационных затрат, а относительные. Достаточно лишь указать, что стоимость летного часа ВС переходного типа на $X\%$ ниже, чем для современных самолетов, а новое поколение изделий конкурентов обеспечивает на $Y\%$ меньшие затраты на летный час. Разделим формулу (2.3) на часовые операционные затраты современных самолетов:

$$\frac{c_{\text{час}}^j}{c_{\text{опер}}^i} < \frac{c_{\text{час}}^k}{c_{\text{опер}}^i} + \Delta T \cdot \frac{\eta}{\tau^j} \cdot \left(1 - \frac{c_{\text{час}}^k}{c_{\text{опер}}^i} \right). \quad (2.4)$$

Рассмотрим следующий реалистичный пример. Пусть $\eta = 3000$ л.ч./г; $\tau^j = 60000$ л.ч. На рис. 2.5 изображены графики зависимости от времени потребного сокращения стоимости летного часа (в % от уровня операционных затрат современных ВС), достигнутого для самолетов переходного типа, если известно, что принципиально новые изделия зарубежных конкурентов выйдут на рынок в 2020 и 2025 гг., и будут обладать на 25% и на 50% более низкой стоимостью летного часа, чем современные самолеты аналогичного класса. Графики получены по формуле (2.4).

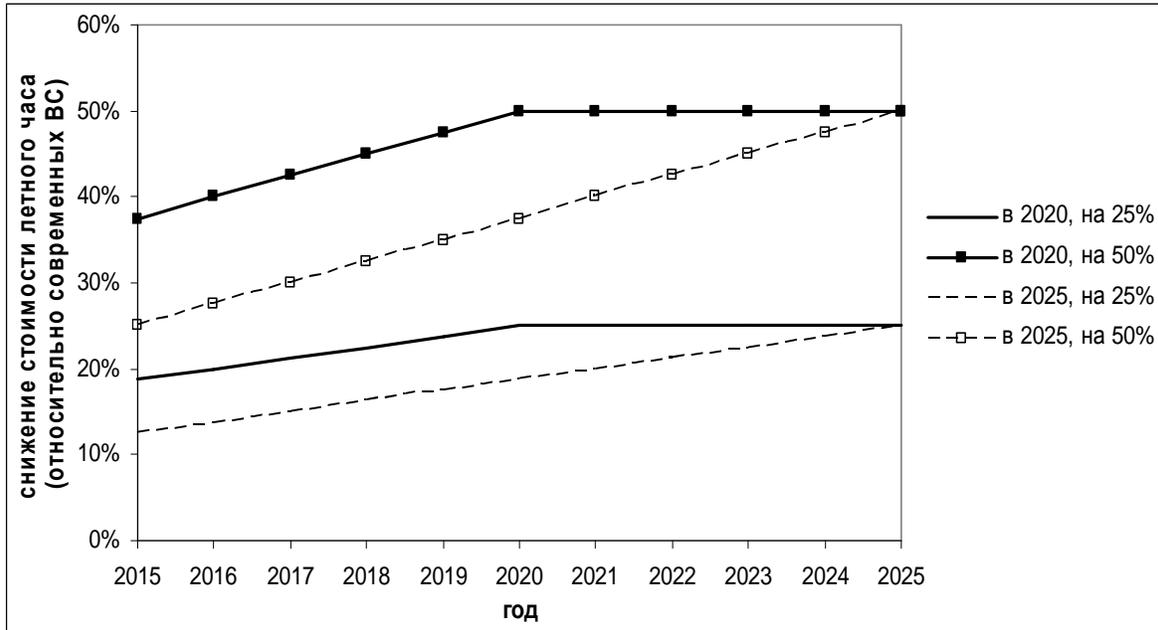


Рис. 2.5. Целевой уровень эксплуатационных затрат воздушных судов переходного типа в зависимости от сроков появления и эксплуатационных затрат нового поколения самолетов

Из рисунка видно, что если, например, лидерам мирового авиастроения удастся в 2025 г. вывести на рынок новое поколение самолетов, обеспечивающее вдвое меньший уровень эксплуатационных затрат, по сравнению с современными изделиями, то российским авиастроителям удастся в 2015 г. успешно реализовать воздушные суда переходного типа, обеспечивающие снижение стоимости летного часа лишь на четверть, и т.д.

2.2. ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР ЦЕЛЕВОГО УРОВНЯ ХАРАКТЕРИСТИК И СРОКОВ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

2.2.1. Прогнозирование объемов выпуска и эффективности производства изделий с заданными характеристиками и сроками создания

На основе построенной выше модели выбора потребителей, можно оценить их совокупный спрос на изделия с определенным уровнем характеристик, вышедшие на рынок в определенное время. В конечном счете, можно оценить экономическую эффективность их создания для разработчиков и производителей.

Анализ формулы (2.2) показывает, что авиакомпании будут приобретать (для досрочной замены современных самолетов) ВС переходного типа с определенным уровнем стоимости летного часа $c_{\text{час}}^j$ в период $T \in [T^j; T_{\text{кр}})$, где критический момент окончания периода продаж определяется следующим образом:

$$T_{кр} = T^k - \frac{c_{\text{час}}^j - c_{\text{час}}^k}{c_{\text{опер}}^i - c_{\text{час}}^k} \cdot \frac{\tau^j}{\eta} \quad (2.5)$$

Как показано выше, для обеспечения конкурентоспособности переходного типа должно выполняться следующее условие: чем меньше опережение относительно зарубежных изделий нового поколения, тем ближе должен быть уровень технико-экономических характеристик переходного изделия к уровню конкурентов. Однако это правило и формулы (2.1-2.5) соответствуют случаю, когда и переходный тип изделий, и новое поколение продукции конкурентов обладают прорывным превосходством над современными воздушными судами, т.е. $c_{\text{опер}}^i > c_{\text{час}}^k$. Но, как показано в п. 1.3.3, в обозримом будущем создание прорывных типов гражданских самолетов затруднено по объективным причинам. В силу исчерпания возможностей совершенствования традиционных конструкций и технологий, с одной стороны, замедляется сокращение операционных затрат, а с другой – оно достигается ценой прогрессирующего удорожания новых изделий. Т.е. выполнение неравенства $c_{\text{опер}}^k + c_{\text{ам}}^k < c_{\text{опер}}^i$ все менее вероятно.

Возвращаясь к сравнению стратегий (а) и (б), отметим, что стратегия (б) окажется наилучшей лишь в том случае, если каждое новое поколение авиатехники будет обладать прорывным преимуществом перед предыдущим. В этом случае реализуется т.н. *цепная смена поколений* (см. [77]): каждое поколение изделий морально устаревает при появлении следующего и списывается досрочно. Однако такой режим совершенствования технологий нехарактерен для современного этапа развития авиационной техники, поэтому сценарий (б) еще менее вероятен, чем (а). И если переходный тип ВС и новое поколение изделий зарубежных конкурентов будут обладать прорывным превосходством над современными самолетами, для формирования требований к характеристикам переходного типа авиатехники и срокам его выхода на рынок можно пользоваться формулами (2.1-2.5).

Если же даже новое поколение зарубежных самолетов не будет обладать прорывным превосходством над нынешним, переходный тип ВС тем более не обеспечивает такого превосходства, и современные самолеты, обладающие остатком ресурса, будут эксплуатироваться до его полной выработки. В этом случае можно рассчитывать на сбыт ВС переходного типа лишь тем авиакомпаниям, которые списывают современные ВС по причине выработки ресурса. Однако нельзя считать этот сценарий заведомо неблагоприятным. Для замены физически устаревшей авиатехники самолеты переходного типа будут приобретаться на протяжении всего периода $T \in [T^j; T^k)$ при любом, даже самом малом, уровне превосходства над современными зарубежными аналогами. Т.е. при невозможности создания прорывных типов гражданской авиатехники (что характерно для современного этапа развития отрасли) временная конкуренция приобретает первостепенное значение, большее, чем технико-экономическое совершенство изделий.

Итак, ВС переходного, j -го типа, будут пользоваться спросом:

- для замены современных ВС i -го типа, обладающих остатком ресурса – при условии $c_{\text{час}}^j < c_{\text{опер}}^i$ – в период $T \in \left[T^j; T^k - \frac{c_{\text{час}}^j - c_{\text{час}}^k}{c_{\text{опер}}^i - c_{\text{час}}^k} \cdot \frac{\tau^j}{\eta} \right)$;
- для замены современных ВС i -го типа, выработавших свой ресурс – в период $T \in [T^j; T^k)$.

Оценить фактический объем спроса авиакомпаний на ВС j -го типа можно только на основе детального анализа потребности в воздушных судах для удовлетворения спроса на авиаперевозки, динамики списания воздушных судов, возрастной структуры парка и т.д. Необходимые расчеты реализуются в рамках концепции *баланса провозных мощностей* (БПМ), см. [35, 64]. На основе данных о производительности воздушного судна и прогноза пассажирооборота, оценивается будущая потребность в воздушных судах $N_{\text{необх}}(T+1)$. Далее прогнозируется количество ВС, списанных по причине выработки ресурса $\Delta N_{\text{спис}}(T)$, и вычисляется количество новых ВС, которые необходимо приобрести к будущему году:

$$q(T) = \begin{cases} N_{\text{необх}}(T+1) - N(T) + \Delta N_{\text{спис}}(T), & N_{\text{необх}}(T+1) > N(T) - \Delta N_{\text{спис}}(T) \\ 0, & N_{\text{необх}}(T+1) \leq N(T) - \Delta N_{\text{спис}}(T) \end{cases},$$

$$T \in [T^j; T^k]. \quad (2.6)$$

Если же выполняется условие $c_{\text{час}}^j < c_{\text{опер}}^i$, т.е. самолет переходного типа является прорывным по сравнению с нынешним поколением, все современные самолеты становятся морально устаревшими, и авиакомпания теоретически заинтересованы в полной замене имеющегося парка, безотносительно к остатку ресурса. Однако в этом случае объем выпуска, как правило, ограничивается мощностью авиастроительных предприятий:

$$q(T) = V(T), \quad T \in [T^j; T_{\text{кр}}],$$

поскольку $V(T) \ll N(T)$.

Суммарный объем выпуска изделий переходного типа в описанных случаях выражается следующими формулами:

$$Q^j = \sum_{T=T^j}^{T=T_{\text{кр}}-1} q(T),$$

где $q(T)$ определяется по формуле (2.6), или, если переходный тип изделий является прорывным по отношению к современной технике (т.е. при $c_{\text{час}}^j < c_{\text{опер}}^i$),

$$Q^j = \sum_{T=T^j}^{T=T_{\text{кр}}-1} V(T),$$

где $T_{\text{кр}}$ определяется по формуле (2.5).

Можно отметить две группы факторов, способствующих повышению спроса на ВС переходного типа, по сравнению с полученными выше оценками.

Во-первых, поскольку мощности авиастроительных предприятий ограничены, массовый спрос на воздушные суда того или иного типа не будет удовлетворен мгновенно, с появлением изделий данного типа на рынке. В реальности образуется очередь авиакомпаний, желающих приобрести ВС новых типов, и продолжительность ожидания поставки может составлять несколько лет. Поэтому, строго говоря, в вышеприведенных моделях следует подразумевать под T^j и T^k не моменты начала серийного производства соответствующих типов ВС, а сроки, в которые авиакомпания может рассчитывать на исполнение своих заказов, с учетом возможной очереди. Учет данного фактора существенно усложняет расчеты (тем более, что уровень производственных мощностей является управляющим параметром для авиастроительных компаний, и необходимо рассматривать игровое взаимодействие ряда активных участников). Однако качественное влияние наличия очереди на поставку ВС можно предсказать: поскольку сроки поставки принципиально новых зарубежных изделий смещаются, повышается привлекательность изделий переходного типа.

Во-вторых, все предлагаемые в данной работе модели являются детерминированными, в них рассматривается принятие решений при наличии полной и достоверной информации. Предполагается, что авиакомпания, принимая решения о приобретении воздушных судов, достоверно знают, в какие будущие моменты времени будут выходить на рынок перспективные изделия, и каким уровнем технико-экономических характеристик они будут обладать. В реальности, в силу значительных технических рисков, такой информацией не располагают даже сами разработчики и производители авиатехники. Учет неопределенности будущего делает более предпочтительным в период $T^j \leq T < T^k$ приобретение ВС переходного типа, поскольку они, в отличие от перспективных изделий k -го типа, уже представлены на рынке, их цена и технико-экономические характеристики достоверно известны.

Зная суммарный объем выпуска ВС переходного типа Q^j и их цену P^j , можно оценить выручку R , суммарные затраты (включая начальные инвестиции в НИОКР и подготовку серийного производства) TC и, в конечном счете, результирующие финансовые показатели эффективности проекта – прибыль Π , рентабельность, чистую текущую стоимость и т.п. Выручка, затраты и прибыль оцениваются следующим образом:

$$R = P^j \cdot Q^j; TC = FC + VC; \Pi = R - TC,$$

где FC - постоянные затраты, не зависящие от объема выпуска, VC - переменные затраты. К первым относятся, прежде всего, инвестиции в НИОКР и затраты на производственные мощности, а ко вторым – прямые затраты на оплату труда производственных рабочих и закупку сырья и материалов.

Суммарного объема продаж переходного типа авиатехники в относительно короткий «переходный» период от T^j до $T_{кр}$ или до T^k может оказаться недостаточно для обеспечения рентабельности его разработки и производства. Более того, такой сценарий может быть неприемлемым для отечественного авиастроения, даже если в этот период удастся (благодаря массовому списанию ВС предыдущего поколения и/или бурному росту рынка авиаперевозок) продать значительное количество ВС переходного типа. Насыщение массового спроса за короткий срок требует наличия значительных производственных мощностей и квалифицированных трудовых ресурсов, загрузка которых по завершении «переходного» периода не гарантирована. Создание производственного потенциала требует значительных инвестиций, пропорциональных уровню производственных мощностей. Что касается кадрового потенциала, его воспроизводство в авиастроении является чрезвычайно длительным и дорогостоящим. Таким образом, резкий спад выпуска по окончании краткого периода пиковой загрузки – исключительно неблагоприятный сценарий развития авиастроительного проекта. Поэтому чрезвычайно важно обеспечить возможность продолжения массовой продажи ВС переходного типа и после выхода на рынок принципиально новых зарубежных изделий.

В предшествующих рассуждениях определялись условия обеспечения конкурентоспособности изделий переходного типа только в «переходный» период от T^j до T^k или даже до $T_{кр} < T^k$. В рамках соответствующих моделей, после появления на рынке принципиально нового изделия конкурентов с более низкими эксплуатационными затратами, изделия переходного типа становятся заведомо неконкурентоспособными. Однако переходный тип может пользоваться спросом (по крайней мере, части авиакомпаний, ранее успевших приобрести некоторое количество таких ВС) и после выхода на рынок принципиально нового поколения изделий, т.е. при $T \geq T^k$. Рассчитывать на реализацию такого благоприятного сценария позволяют следующие факторы, не учтенные в простейших моделях выбора оптимального типа ВС.

1) Наличие в парках авиакомпаний значительного количества ВС переходного типа удешевит их ТОиР, материально-техническое снабжение и т.п.¹. Кроме того, и в эксплуатации действуют эффекты обучения, позволяющие сокращать затраты на ТОиР по мере накопления опыта. Благодаря этому фактору авиакомпании может оказаться выгоднее увеличить численность уже имеющегося парка изделий переходного типа, чем вводить в эксплуатацию новый тип воздушных судов.

2) Выигрыш во временной конкуренции и наличие значительного накопленного выпуска к моменту T^k позволят производителю ВС переходного типа снизить их себестоимость и цену благодаря эффекту обучения настолько, что стоимость летного часа j -го типа ВС окажется не выше, чем стоимость летного часа новых зарубежных изделий: $c^j \leq c^k$.

Заметим, что, если первый фактор действует лишь на т.н. *якорном рынке*, т.е. для тех авиакомпаний, которые уже приобрели ВС переходного типа, то второй может привлечь и новых покупателей отечественной продукции после появления на рынке новых зарубежных изделий. Однако заметим, что приведенные соображения касаются, в основном, затрат на ТОиР. Но если новые изделия зарубежных авиастроителей будут обладать значительным превосходством над переходным

¹ Подробнее о влиянии масштабов парка на эти составляющие эксплуатационных затрат см. [62].

типом воздушных судов в части расхода топлива, этот фактор может стать решающим и приведет к прекращению продаж переходного типа ВС при $T \geq T^k$.

2.2.2. Сравнение эффективности улучшения характеристик и ускорения разработки новой продукции

Уровень технико-экономических характеристик и время выхода новых изделий на рынок находятся в тесной взаимосвязи, поскольку НИОКР, направленные на совершенствование перспективной продукции, требуют значительного времени и средств, см. [15, 53]. Часто возникает дилемма: продолжить ли НИОКР, повышая уровень характеристик перспективного изделия, либо вывести на рынок «недоработанное» изделие, обеспечив временное преимущество над конкурентами? При наличии приведенных выше моделей и методов, можно дать научно обоснованный ответ на этот вопрос. С формальной точки зрения, можно поставить задачу совместной оптимизации целевого уровня характеристик перспективного типа изделий и времени его выхода на рынок (с учетом взаимосвязи этих факторов):

$$\Pi(c_{\text{час}}^j; c_{\text{опер}}^j; T^j) \rightarrow \max_{T^j} | c_{\text{час}}^j = f(T^j), c_{\text{опер}}^j = g(T^j),$$

где $\Pi = R - FC - VC$ – прибыль за весь период реализации проекта;

R - выручка от реализации изделий;

FC - постоянные затраты на проект (в т.ч. затраты на НИОКР);

VC - переменные затраты.

Как показано выше, чем экономичнее ВС переходного типа и чем раньше они выйдут на рынок, тем больше объем продаж и выручка:

$$\frac{\partial R}{\partial c_{\text{час}}^j} < 0, \frac{\partial R}{\partial c_{\text{опер}}^j} < 0, \frac{\partial R}{\partial T^j} < 0.$$

Но повышение технико-экономического совершенства переходного типа изделий вступает в противоречие со стремлением продлить период его продаж:

$$\frac{\partial c_{\text{час}}^j}{\partial T^j} < 0, \frac{\partial c_{\text{опер}}^j}{\partial T^j} < 0.$$

Кроме того, повышение экономичности перспективных изделий и форсирование НИОКР требует дополнительных затрат:

$$\frac{\partial FC}{\partial c_{\text{час}}^j} < 0, \frac{\partial FC}{\partial c_{\text{опер}}^j} < 0, \frac{\partial FC}{\partial T^j} < 0.$$

Эти противоречия и необходимо разрешить в процессе оптимизации. На практике эта оптимизационная задача сведется к выбору оптимального проекта из нескольких возможных вариантов, которые характеризуются результатами и длительностью. Различные проекты совершенствования перспективной продукции следует рассматривать как альтернативные, а не дополняющие друг друга. Это вызвано ограниченностью ресурсов, необходимых для проведения НИОКР и технологической подготовки производства – как финансовых, так и кадровых, интеллектуальных. Если эти ресурсы уже задействованы в проекте, предусматривающем быстрое достижение относительно невысокого уровня технико-экономических характеристик, то другие проекты, обещающие более высокий уровень характеристик в более поздние сроки, просто не могут быть реализованы, и наоборот.

Иногда существуют возможности дальнейшего эволюционного улучшения характеристик переходного типа изделий, позволяющего сохранить его конкурентоспособность и в долгосрочной перспективе, при $T \geq T^k$. Так, например, по объективным причинам, обусловленным фундаментальными закономерностями развития техники, в начале периода эксплуатации изделий нового типа, они могут демонстрировать низкий уровень надежности (что негативно сказывается на

эксплуатационных затратах – прежде всего, на амортизации, затратах на ТОиР). С такими проблемами сталкиваются и ведущие зарубежные производители авиатехники (см., например, [109]) – важно лишь, чтобы «детские болезни» новых типов изделий не становились исключительно проблемами эксплуатирующих организаций. Поэтому в рыночной экономике производитель, заинтересованный в обеспечении своей конкурентоспособности, берет на себя решение соответствующих проблем. Но если резервы повышения надежности обычно весьма велики, то возможности улучшения прочих технико-экономических характеристик авиатехники после начала серийного производства сильно ограничены. Аэродинамическую компоновку, силовую схему планера и т.п. можно считать практически «замороженной» на весь период серийного производства. Так, например, известно, что можно снизить балансировочное сопротивление самолета (и, таким образом, повысить его аэродинамическое качество, сократить расход топлива и т.д.), если он не будет статически устойчивым в продольном канале, подробнее см. [119]. Однако статически неустойчивая компоновка требует автоматической стабилизации движения и реализуется только благодаря *электродистанционным системам управления (ЭДСУ)*, см. [119]. И если в соответствующий момент в распоряжении конструкторов отсутствует надежная, отработанная ЭДСУ, позволяющая безопасно выполнять полеты с пассажирами, компоновка самолета должна быть выбрана в соответствии с требованием обеспечения статической устойчивости в продольном канале, и в дальнейшем ее вряд ли удастся изменить в пользу более эффективной.

Таким образом, решение о выводе на рынок продукта с определенным уровнем технико-экономических характеристик в определенный момент времени является чрезвычайно ответственным. Выше было показано, что при отсутствии возможности создания прорывных изделий, важнее временное преимущество перед конкурентами, а не качественное превосходство (особенно если в ближайшее время ожидаются массовые закупки воздушных судов для увеличения провозных мощностей и/или замены изделий, выработавших ресурс). В связи с этим, может быть оправданным решение о выходе на рынок «начальной» версии перспективного среднемагистрального самолета МС-21 не с полимерно-композитной конструкцией крыла, а с традиционным, цельнометаллическим крылом [147], что, разумеется, сопряжено с некоторым ухудшением технико-экономических характеристик. Доводка полимерно-композитной конструкции, и, что более существенно в сложившейся ситуации – освоение отечественной промышленностью соответствующих технологий серийного производства (а в данной сфере сложилось значительное отставание от зарубежных конкурентов) – потребуют значительного времени. Такая задержка создает угрозу потери якорного рынка, который может завоевать МС-21, «попадая в волну» массовой замены популярных зарубежных самолетов А-320 и Boeing-737 выпуска 1980-1990-х гг., выработавших свой ресурс. Важно не допустить дальнейшего снижения проектного уровня технико-экономического совершенства и дальнейшего затягивания сроков вывода нового самолета на рынок.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

Разработан методологический аппарат для совместного обоснования требований к характеристикам перспективной продукции длительного пользования и срокам ее выхода на рынок. На основании проведенного анализа можно сформулировать следующие рекомендации.

- Если изделия нового типа обладают прорывным преимуществом перед современными, заказчики будут заинтересованы досрочно заменить всю имеющуюся технику на изделия нового типа. Объемы выпуска новых изделий будут ограничены лишь производственными мощностями их производителей. Однако, чем меньше опережение нового типа изделий относительно нового поколения изделий конкурентов, тем ближе должны быть его технико-экономические характеристики к характеристикам новых изделий конкурентов.

- Если же изделия нового типа не обладают прорывным преимуществом перед современными (что наиболее вероятно на верхнем участке S-образной кривой), они могут пользоваться спросом лишь для увеличения мощностей или замены физически устаревшей техники, однако, при любом значимом превосходстве перед современными изделиями. Т.е. в этом случае временное превосходство более значимо, чем качественное. На этом основании оправдано освоение выпуска начальных, упрощенных версий новых изделий, если это позволит выйти на рынок существенно раньше конкурентов и завоевать емкий якорный рынок. Его емкость и возможности

совершенствования нового типа изделий определяют перспективы их продажи после появления нового поколения изделий конкурентов.

Глава 3. Анализ рисков реализации инновационных проектов в наукоемкой промышленности

Восстановление массового выпуска конкурентоспособной продукции является необходимым условием возрождения российской наукоемкой и высокотехнологичной промышленности. В то же время, обеспечить экономически целесообразные объемы продаж можно лишь при условии выхода на мировой рынок наукоемкой продукции, большинство сегментов которого уже занято зарубежными конкурентами. При этом следует учитывать, что производственные мощности зарубежных компаний позволяют полностью удовлетворять существующий и перспективный платежеспособный спрос, т.е. рынки отнюдь не ждут российских производителей. Насыщение рынка изделий длительного пользования продукцией зарубежных производителей¹ означает, что даже конкурентоспособная отечественная продукция не будет пользоваться спросом на протяжении многих лет, что делает бессмысленным ее создание. Следовательно, в настоящее время российской промышленности необходимы не просто конкурентоспособные продукты, а «прорывные», т.е. такие, чтобы потенциальные заказчики (транспортные и энергетические компании, производственные предприятия, и т.д.) добровольно заменили продукцию конкурентов – даже не исчерпавшую свой срок службы – на новые отечественные изделия. Однако, как показано в п. 1.3.3, достичь «прорывного» улучшения характеристик новой продукции становится все сложнее, поскольку на данный момент во многих наукоемких отраслях промышленности практически достигнуты пределы совершенствования существующих технологий. Также можно попытаться найти новые емкие ниши рынков наукоемкой продукции. И для разработки «прорывных» изделий, и для освоения принципиально новых ниш рынка необходимо создавать новый научно-технологический задел.

Даже успешно работающие зарубежные компании сталкиваются с проблемами исчерпания пределов совершенствования традиционных технологий. Поэтому в экономически развитых странах мира высокотехнологичные компании (как правило, при поддержке государства) приступают к реализации инновационных проектов с высокой степенью новизны технологических решений, обещающих «прорывное» превосходство над современными технологиями или открывающих принципиально новые ниши рынка, но сопряженных с высоким техническим риском. Особенности рисков реализации таких проектов и посвящена данная глава. При этом в ней обсуждаются именно технические и экономические факторы, которые необходимо учитывать, анализируя соответствующие риски. За рамками данной работы остаются организационные аспекты построения системы управления инновационным риском на предприятиях, изучаемые в работе [37] и др. В отличие от ряда предшествующих исследований, посвященных управлению «прорывными» инновационными проектами (см., например, [106]), в данной работе понятие прорывного продукта формализовано, и в п. 1.3 предложен объективный расчетный критерий, позволяющий определить пороговый уровень характеристик перспективной продукции, который должен быть достигнут. Наличие такого целевого уровня оказывает решающее влияние на риски реализации «прорывных» инновационных проектов.

3.1. АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ НОВИЗНЫ ПРОЕКТА И ТЕХНИЧЕСКОГО РИСКА ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

Широко известно, что ведущие наукоемкие компании мира, несмотря на то, что в рекламных целях они всячески подчеркивают принципиальную новизну каждого последующего типа изделий, в реальности чрезвычайно осторожно внедряют радикальные инновационные решения в конструкцию и технологию производства сложной продукции. Как правило, они избегают одновременного применения слишком большой доли новых компонентов в очередных поколениях сложных наукоемких изделий. В некоторых сферах – например, в оборонно-промышленном комплексе ведущих промышленно развитых стран мира – соответствующие ограничения даже формализованы, т.е. введены ограничения на максимально допустимую долю новых компонент в составе перспективных изделий. Разумеется, само по себе такое ограничение

¹ Этот процесс активно идет во многих отраслях – так, например, из 99 магистральных пассажирских самолетов, закупленных в 2002-2005 гг. российскими авиакомпаниями, лишь 17 – новые изделия отечественного производства, и 82 – импортные (в т.ч. приобретенные на вторичном рынке).

- трудноформализуемо, поскольку возникает проблема количественного измерения степени новизны сложного изделия (по числу новых элементов, по их стоимости, и т.д.? В свою очередь, как измерять их новизну?);

- иногда принципиально невыполнимо, поскольку некоторые новые технологии и конструктивные решения не могут быть внедрены изолированно, и требуют коренного изменения конструкции изделия и технологий производства значительной доли его элементов.

Иначе говоря, технологические разрывы, наблюдающиеся в динамике развития многих отраслей, непреодолимы эволюционным путем. Например, преодоление звукового барьера в боевой авиации (и даже существенное повышение скоростей полета гражданских самолетов, хотя они и остались дозвуковыми) было невозможным при сохранении винтового движителя и поршневых двигателей – потребовался переход к реактивным двигателям. Естественно, они в принципе не могли сохранить значительную преемственность с поршневыми по конструкции, узлам и агрегатам, технологии изготовления. Важно подчеркнуть, что в связи с этим далеко не все авиадвигателестроительные предприятия сохранили свой профиль.

В данном разделе исследуются экономические аспекты ограничения степени новизны сложных наукоемких изделий. Каковы мотивы такой политики и ее последствия для самих разработчиков и производителей наукоемкой продукции, для ее потребителей и эксплуатантов? Сохранение преемственности с предыдущими типами изделий позволяет заказчикам избегать радикальных изменений практики эксплуатации, смягчает потребность в обучении персонала. В макроэкономическом смысле благодаря этому снижается уровень т.н. *структурной безработицы*, которая вызвана необходимостью переобучения работников или их перепрофилирования, перехода в другие отрасли, в связи с изменением технологий¹. Что касается производителя наукоемкой продукции, он также заинтересован в постепенном обновлении конструкции и технологии производства изделий, поскольку это позволяет планомерно проводить переобучение персонала, техническое перевооружение предприятий и т.п. Немаловажно, что при такой динамике обновления изделий снижается потребность в заемных средствах, поскольку нередко удается обеспечивать непрерывность денежных потоков. Если бы одновременно пришлось разрабатывать и осваивать серийное производство большого количества элементов наукоемких изделий, возникла бы значительная пиковая потребность в финансовых ресурсах.

Заметим, что все вышеприведенные соображения касаются именно ожидаемых значений производственно-экономических показателей (выпуска, затрат, выручки, прибыли и т.п.) Однако, проявляя осторожность при определении степени новизны очередного типа изделий, их производители (как и заказчики), прежде всего, руководствуются соображениями снижения риска. Высокая степень новизны, одновременное внедрение большого количества радикальных инноваций порождают значительные риски – прежде всего, технические. В то же время, высокая степень новизны обещает и более значительное повышение качества и конкурентоспособности продукции, дает шанс на выигрыш в инновационной гонке. Найти оптимальный баланс между ожидаемым результатом и риском – одна из важнейших задач планирования инновационного развития. Для ее формализации предлагается простой подход, описанный ниже. Широко известны методы решения описанной проблемы, претендующие на точность – например, *FMEA, Failure Mode and Effect Analysis* (т.е. анализ видов и последствий отказов, АВПО) [5], *функционально-стоимостной анализ* (ФСА). Однако к недостаткам этих подходов относятся их сложность, требовательность к наличию исходной информации, которая даже при использовании современных информационных систем далеко не всегда может быть доступна. Недостаток объективно измеримой информации восполняется экспертными оценками по сравнительным, балльным шкалам, что делает эти подходы не столь уж строгими. В ряде работ (см., например, [38]), напротив, изначально используются именно методы экспертных оценок, подходы на основе нечеткой логики и т.п. Преимуществом предлагаемого в данной работе формального подхода является его простота, позволяющая делать важные качественные выводы и приближенные оценки.

¹ Название отражает природу данного вида безработицы, подробнее см., например, [104]. Она возникает вследствие структурных изменений в экономике, происходящих, в т.ч., под влиянием научно-технического прогресса.

Предположим, что сложное наукоемкое изделие состоит из n элементов (функциональных модулей, агрегатов, деталей и узлов¹), из которых m являются новыми, а, соответственно, $(n - m)$ - старыми, т.е. использовались в предыдущих типах изделий. Для последней категории элементов имеется опыт производства и эксплуатации, проведена необходимая доводка и т.п. Что касается новых элементов, каждый из них способен повысить качество изделия в целом, по сравнению с ранее достигнутым уровнем. Однако с каждым из них сопряжен и риск того, что изделие в целом не будет удовлетворять предъявляемым к нему требованиям – по крайней мере, в установленные сроки. Новый элемент может потребовать доработки, доводки и т.п. Для простоты в данной модели все элементы изделия рассматриваются обезличенно, поэтому введем усредненную по всем новым элементам вероятность того, что отдельный элемент вызовет провал проекта в целом p_{Σ} . При необходимости данное упрощение может быть снято, и для каждого элемента могут быть введены индивидуальные характеристики.

Следует учитывать, что обусловленные новизной риски касаются не только изолированных элементов изделия, но и связей между ними. В сложных системах особое значение приобретают взаимосвязи отдельных элементов, причем, нередко прогнозирование взаимодействия и взаимовлияния элементов такой системы является практически невозможным – в противном случае, о техническом риске не пришлось бы говорить в принципе. И хотя в традиционных методологиях *функционально-стоимостного анализа, анализа видов и последствий отказов (FMEA)*, и т.д., декларируется необходимость учета всех возможных связей между элементами будущего изделия, в реальности она остается, во многом, лишь декларацией (что ставит под сомнение претензии соответствующих подходов на точность и строгость). Можно привести множество примеров из истории создания сложных технических систем, когда проявлялось непредсказуемое (по крайней мере, не предсказанное на стадии разработки новых изделий) влияние связей между отдельными элементами системы. Так, весьма многочисленны примеры нежелательной аэродинамической интерференции между элементами планера, силовой установки летательных аппаратов – «затенение» крылом высокорасположенного хвостового горизонтального оперения на больших углах атаки (с последующей потерей его эффективности), режим «вихревого кольца» для соосно расположенных несущих винтов вертолетов, разнообразные явления аэроупругости (т.е. взаимодействия аэродинамических и упругих сил), нежелательное взаимодействие аэродинамических и аэроупругих эффектов и системы управления, и т.п., подробнее см. [109, 119]. Целый ряд таких эффектов был выявлен лишь на этапе летных испытаний, в т.ч. с тяжелыми последствиями.

Легко подсчитать, что новые элементы связаны со старыми $m \cdot (n - m)$ связями. Предположим, что каждая такая связь порождает риск провала проекта в целом, выражающийся вероятностью p_{CH} .

Число связей между новыми элементами составляет $\frac{m \cdot (m - 1)}{2}$. Таким связям соответствует большая вероятность негативного влияния на успешность проекта $p_{HH} > p_{CH}$ ³.

На основе введенных выше характеристик можно оценить интегральный риск провала проекта по причине технических рисков, связанных с новизной элементов изделия. Итак, в составе изделия, включающего в себя n элементов, имеется m новых элементов, каждый из которых может вызвать провал проекта с вероятностью p_{Σ} . Также неудачный исход проекта могут вызвать неисследованные (в силу новизны) связи: любая из $m \cdot (n - m)$ связей новых элементов со старыми – с вероятностью

p_{CH} , и любая из $\frac{m \cdot (m - 1)}{2}$ связей новых элементов с новыми – с вероятностью p_{HH} . Успешное

¹ Выделение таких элементов, как уже было отмечено, представляет собой отдельную методическую проблему. Кроме того, новыми могут быть не только элементы конструкции изделий, но и отдельные технологии их изготовления (даже без изменения конструкции).

² Коэффициент 2 в знаменателе отражает то, что рассматриваются двусторонние связи, поэтому связь элемента A с элементом B и связь элемента B с элементом A – это, фактически, одна и та же связь.

³ Здесь для простоты считается, что связи между старыми элементами, как и сами старые элементы, являются практически «безрисковыми».

развитие проекта возможно лишь в том случае, когда ни одно из вышеперечисленных событий не реализуется. Вероятность такого сочетания событий равна произведению вероятностей отсутствия негативного влияния на изделие всех новых элементов и связей¹:

$$P = (1 - p_{\text{Э}})^m \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m \cdot (n-m)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m \cdot (m-1)}{2}}.$$

Поскольку во всех остальных случаях наступает провал проекта, его вероятность может быть выражена следующим образом:

$$R = 1 - P = 1 - (1 - p_{\text{Э}})^m \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m \cdot (n-m)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m \cdot (m-1)}{2}}. \quad (3.1)$$

Аналогичный вероятностный подход применяется, например, в работе [92] для оценки вероятности успешного завершения инновационного проекта при наличии нескольких факторов риска. Однако в данной модели особое внимание уделяется именно влиянию новизны перспективного изделия на уровень технического риска. Причем, в отличие от упомянутой работы, здесь изначально принимается во внимание практическая невозможность достоверного прогнозирования вероятностей негативного влияния на реализацию проекта новых элементов изделия и связей между ними. Данная модель относится к классу «мягких» (подробнее см. [7]), нацелена лишь на установление качественных закономерностей и получение приблизительных оценок.

Анализ полученного выражения (3.1) показывает, что с ростом степени новизны сложного изделия, риск провала проекта возрастает: $\frac{\partial R}{\partial m} > 0$. Причем, если степень новизны измерять как долю

новых элементов в составе изделия: $\alpha = \frac{m}{n}$, она не является параметром подобия в полученном

выражении для общего риска провала проекта. Это соответствует действительности и не является исключительно особенностью данной модели. При увеличении сложности изделия, т.е. общего количества элементов n и фиксированных вероятностях $p_{\text{Э}}$, $p_{\text{СН}}$, $p_{\text{НН}}$, риск возрастает (причем, нелинейно), поскольку растет число порождающих риск новых элементов и связей. Что касается влияния меры новизны α , с ее ростом риск, разумеется, увеличивается, но предельный прирост

сокращается: $\frac{\partial^2 R}{\partial \alpha^2} < 0$.

Использовать полученные выше оценки риска провала проекта можно следующим образом.

Прежде всего, можно попытаться построить модель повышения ожидаемого уровня качества изделия при включении в него новых элементов $Q(m)$, причем, $\frac{\partial Q}{\partial m} > 0$. Эта модель, в сочетании с моделью риска провала проекта, может быть включена в обобщающий критерий успешности проекта. Критериальный функционал $U(Q, R)$ должен обладать следующими очевидными свойствами:

$$\frac{\partial U}{\partial R} < 0, \quad \frac{\partial U}{\partial Q} > 0.$$

Фактически, здесь рассматривается ожидаемая полезность (производителя, либо потребителя), учитывающая как ожидаемый прирост качества изделия, так и возможные потери в случае провала проекта. Далее можно поставить и решить задачу оптимизации уровня новизны изделия:

$$U[Q(m), R(m)] \rightarrow \max_m.$$

Практически, именно такой подход используется в традиционной методологии функционально-стоимостного анализа. Серьезная проблема в применении описанного подхода состоит в сложности

¹ Считается, что различные факторы риска действуют независимо.

построения функции $Q(m)$ и неоднозначности ее поведения. Так, на заключительной стадии ЖЦ технологического уклада, т.е. на верхнем участке S-образной кривой, включение большего числа новых элементов в состав изделия хотя и приносит определенный прирост его качества, однако предельная отдача падает, т.е. $\frac{\partial^2 Q}{\partial m^2} < 0$. Кроме того, в каждом конкретном случае реальный прирост качества зависит не от количества обезличенных «новых элементов», а от того, какие именно новые элементы внедряются. И даже если считать, что используемая методология анализа рисков позволяет достаточно точно вычислить функцию $R(m)$ (что, как уже говорилось, на практике удается редко), остается проблема построения обобщающего критерия $U(Q, R)$, учитывающего как прирост качества, так и риск. Объективного критерия, отражающего предпочтение всех лиц, принимающих решения (ЛПР), в данной ситуации нет в силу индивидуальной степени нерасположенности ЛПР к риску.

Можно формулировать требования к предельно допустимому уровню новизны изделий, задаваясь предельно допустимой вероятностью провала проекта $R_{\text{доп}}$. Особо подчеркнем, что она может определяться и не из экономических соображений. Например, при заказе новых систем вооружений государство (как и практикуется в ведущих промышленно развитых странах мира) может задаваться предельно допустимым техническим риском несоздания системы с заданными характеристиками в установленные сроки. Естественно, этот допустимый уровень на практике должен принимать значения, более близкие к 0, а не к 1. Тогда максимально допустимое число новых элементов в составе сложного изделия m_{max} определяется следующим условием:

$$R(m_{\text{max}}) \leq R_{\text{доп}}. \quad (3.2)$$

Подставив в это условие полученное ранее выражение для вероятности провала проекта, получим следующее неравенство:

$$P = (1 - p_{\text{Э}})^m \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m \cdot (n - m)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m \cdot (m - 1)}{2}} \geq 1 - R_{\text{доп}}.$$

В принципе, данное неравенство допускает аналитическое решение. Обозначим m_* граничное значение количества новых элементов, при котором данное неравенство выполняется как строгое равенство¹:

$$(1 - p_{\text{Э}})^{m_*} \cdot (1 - p_{\text{СН}})^{m_* \cdot (n - m_*)} \cdot (1 - p_{\text{НН}})^{\frac{m_* \cdot (m_* - 1)}{2}} = 1 - R_{\text{доп}}.$$

Логарифмируя $(1 - p_{\text{Э}})$, $(1 - p_{\text{СН}})$ и $(1 - p_{\text{НН}})$ по основанию $(1 - R_{\text{доп}})$, это уравнение можно переписать в следующем виде:

$$m_* \cdot \ln_{(1 - R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{Э}}) + m_* \cdot (n - m_*) \cdot \ln_{(1 - R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{СН}}) + \frac{m_* \cdot (m_* - 1)}{2} \cdot \ln_{(1 - R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{НН}}) = 1,$$

или

$$2a \cdot m_* + 2b \cdot m_* \cdot (n - m_*) + c \cdot m_* \cdot (m_* - 1) = 2,$$

где $a = \ln_{(1 - R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{Э}})$;

$$b = \ln_{(1 - R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{СН}});$$

¹ Разумеется, число элементов – величина дискретная, поэтому в реальности строгое равенство может не выполняться. Поэтому, когда будет найдено точное решение соответствующего уравнения, оно будет округлено.

$$c = \ln_{(1-R_{\text{доп}})}(1 - p_{\text{НН}}).$$

Таким образом, необходимо решить следующее квадратное уравнение относительно m_* :

$$(2b - c) \cdot m_*^2 - (2a + 2b \cdot n - c) \cdot m_* + 2 = 0.$$

Найденный корень квадратного уравнения необходимо округлить до ближайшего целого числа в меньшую сторону. Допустимый уровень новизны изделия можно найти и численно, увеличивая m до тех пор, пока неравенство (3.2) не перестанет выполняться. Основным интересом представляет не способ определения m_{max} , а качественное поведение допустимого решения в зависимости от параметров модели. Из анализа соотношений (3.1-3.2) можно сделать качественный вывод о том, что ограничение на m_{max} ужесточается по мере увеличения $p_{\text{НН}}$ относительно $p_{\text{СН}}$.

Как было показано выше, сама по себе мера новизны $\alpha = \frac{m}{n}$ не является параметром подобия в модели риска провала проекта, и риск резко возрастает по мере повышения сложности самого изделия. Поэтому практикуемые ограничения, накладываемые именно на данный показатель (при всей условности измерения самого количества элементов – как всех, так и новых), нуждаются в корректировке. Кроме того, как было отмечено выше, представляет собой серьезную проблему достоверное определение исходных данных для расчетов по предлагаемым моделям. Однако даже предварительные оценки по порядку величины позволяют сделать важные качественные выводы, определяющие направления дальнейших исследований данной проблемы.

На рис. 3.1 изображены полученные по формуле (3.1) графики зависимости общего риска провала проекта от степени новизны $R(\alpha)$ при двух значениях показателя сложности изделия: $n=10$ и $n=20$. В расчетах приняты следующие значения вероятностей провала проекта из-за появления новых элементов и связей: $p_{\text{Э}}=1\%$, $p_{\text{СН}}=2\%$, $p_{\text{НН}}=3\%$. Отметим, что это чрезвычайно оптимистичные оценки даже при небольшой степени новизны самих элементов. Но и при таких значениях исходных данных для изделия, содержащего всего 10 элементов, показатель новизны, равный 40%, приводит к общему риску провала проекта около 50%. Если же изделие будет вдвое сложнее, при том же уровне новизны вероятность провала превысит 90%, что вряд ли можно считать приемлемым в любой реальной ситуации.



Рис. 3.1. Зависимость общего риска провала проекта от степени новизны изделия

Полученные оценки показывают, что даже при весьма малых рисках, сопряженных с отдельными новыми элементами и связями (порядка нескольких процентов), а также при малой сложности изделий (порядка 10-20), относительно приемлемые значения общего риска провала проекта или срыва сроков его реализации (не более 50%, хотя на практике такой уровень будет признан очень высоким) обеспечиваются лишь при уровне новизны, не превышающем 10-40%.

Стремление разработчиков сложной техники и ее заказчиков внедрять новшества поэтапно, выдерживая на каждом этапе малую степень новизны, совершенно оправдано. Поскольку при таком эволюционном внедрении новшеств в конструкцию и технологию изделий их выпуск и эксплуатация не прерываются, соответствующие риски сокращаются за счет эффекта обучения, и новые элементы (а также новые связи), введенные на очередном этапе, к его окончанию переходят в разряд «старых», т.е. $P_{Э}, P_{СН}, P_{НН} \rightarrow 0$, в терминах данной модели. На первый взгляд, такая осторожность ограничивает темп научно-технического прогресса, однако необходимо учитывать и риск его полной остановки при неблагоприятном сценарии развития. Провал революционного проекта может отбросить назад всю соответствующую отрасль, причем, поскольку одновременно было внедрено множество новых элементов и решений, затрудняется поиск причины провала, и нередко случается, что вся эта совокупность новых решений объявляется бесперспективной.

Таким образом, по возможности, следует придерживаться стратегии эволюционного обновления конструкции и технологии производства сложных изделий. Однако, как отмечено выше, такой эволюционный путь развития становится практически невозможным в период смены технологических укладов, преодоления технологических разрывов. И в этот период нет альтернативы массовому внедрению большого количества новых конструктивно-технологических решений. А оно, как показывают вышеприведенные расчеты, вероятнее всего, сопряжено с высоким – порядка 1 – риском недостижения заданных параметров нового изделия в заданный срок.

Следовательно, высокий технический риск становится неизбежным на современном этапе развития наукоемкой промышленности. Традиционно принято считать, что реализация инновационных проектов, обладающих большой степенью технологической новизны, сопряжена с высокими рисками (см., например, [31]). Однако, как показывает проведенный выше анализ, в нынешней ситуации традиционные решения, не обладающие «прорывными» характеристиками или не нацеленные на открытие принципиально новых рыночных ниш, заведомо не обеспечивают объемов спроса на продукцию, достаточных для рентабельной реализации новых проектов. Т.е. традиционные (низкорисковые) технологические решения «надежнее» разве что в том смысле, что они гарантируют коммерческий провал проекта. В этих условиях риск, т.е. возможность неблагоприятного исхода¹ реализации инновационных решений, неизбежен и, в то же время, вполне приемлем.

3.2. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОММЕРЧЕСКИХ РИСКОВ РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

3.2.1. Сравнительный анализ рисков сдвига сроков выхода на рынок и перерасхода средств по проекту

В п. 1.1 были рассмотрены особенности временной структуры жизненного цикла наукоемких изделий, которые определяют некоторые виды рисков, присущие наукоемким отраслям. Даже если считать, что реализация ОКР и ТПП поддается относительно точному прогнозированию и планированию, подробнее см. [31], поисковые НИР, нацеленные на поиск «прорывных» решений или на открытие принципиально новых рыночных ниш, могут завершиться успехом² в случайный момент времени. Поэтому инновационные разработки сопряжены со следующими основными видами рисков

¹ См., например, определение риска, данное в монографии [58].

² Следует подчеркнуть, что под успехом подразумевается разработка инновационного продукта с заданным уровнем характеристик – в противном случае, как показано выше, его создание и вывод на рынок могут быть заведомо бессмысленными.

(если считать, что целевой уровень параметров перспективной продукции достижим на базе имеющегося фундаментального задела, и будет рано или поздно достигнут):

- 1) перерасход средств на разработку продукта;
- 2) затягивание сроков разработки продукта.

Традиционно первоочередное внимание уделяется первому виду рисков (см., например, [12]), однако в наукоемких и высокотехнологичных отраслях именно временной фактор приобретает решающее значение. Для его количественной оценки рассмотрим простейшую модель временной конкуренции двух производителей, A и B . Пусть фирма A является лидером на данном рынке, и выводит свой продукт на рынок раньше, чем фирма B , на ΔT . В течение этого периода она остается монополистом, что позволяет ей продавать свою продукцию по монополярной цене $p_{\text{мон}}$. Затем, когда на рынок выходит и фирма B , за счет конкуренции цена падает до уровня $p_{\text{конк}} < p_{\text{мон}}$. Если общая продолжительность периода продаж изделий данного вида с момента выхода на рынок фирмы A равна T_{Σ} , длительность периода конкуренции фирм A и B составляет $[T_{\Sigma} - \Delta T]$. Необходимо оценить прибыль обеих фирм. Общая прибыль фирмы A складывается из двух частей: $\Pi_{\text{мон}}^A$, т.е., прибыли, полученной в период монополярного присутствия на рынке, и $\Pi_{\text{конк}}^A$, т.е., прироста прибыли, полученного в период конкуренции. Естественно, фирма B получает выручку и прибыль только в период конкуренции. Для простоты предполагается, что суммарный среднегодовой спрос на изделия данного вида на монополярном и конкурентном рынках составляет, соответственно, $q_{\text{мон}}$ и $q_{\text{конк}}$, и остается неизменным на протяжении соответствующих периодов. Таким образом, фирме A удастся продать по монополярной цене следующее количество изделий:

$$Q_{\text{мон}}^A = q_{\text{мон}} \cdot \Delta T.$$

Если фирме B удастся занять на конкурентном рынке долю β , объемы продаж обеих фирм в период конкуренции можно выразить следующим образом:

$$Q_{\text{конк}}^A = (1 - \beta) \cdot q_{\text{конк}} \cdot [T_{\Sigma} - \Delta T];$$

$$Q^B = \beta \cdot q_{\text{конк}} \cdot [T_{\Sigma} - \Delta T].$$

Выручки фирм могут быть оценены по следующим формулам:

$$R_{\text{мон}}^A = p_{\text{мон}} \cdot Q_{\text{мон}}^A = p_{\text{мон}} \cdot q_{\text{мон}} \cdot \Delta T,$$

$$R_{\text{конк}}^A = p_{\text{конк}} \cdot Q_{\text{конк}}^A = p_{\text{конк}} \cdot (1 - \beta) \cdot q_{\text{конк}} \cdot [T_{\Sigma} - \Delta T],$$

$$R^B = p_{\text{конк}} \cdot Q^B = p_{\text{конк}} \cdot \beta \cdot q_{\text{конк}} \cdot [T_{\Sigma} - \Delta T].$$

Что касается общих затрат любого производителя, они складываются из постоянной и переменной частей FC и $VC(Q)$, причем, в постоянные затраты включаются расходы на НИОКР и ТПП, а в переменные – затраты на оплату труда и материальные затраты:

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

$$FC = C_{\text{НИОКР}} + C_{\text{ТПП}},$$

$$VC(Q) = C_{\text{мат}}(Q) + C_{\text{тр}}(Q).$$

Удельные материальные затраты на одно изделие можно приближенно считать постоянными, поэтому общие материальные затраты вычисляются по следующей формуле:

$$C_{\text{мат}}(Q) = c_{\text{мат}} \cdot Q,$$

где $c_{\text{мат}}$ – удельные материальные затраты.

Что касается удельных трудозатрат, они сокращаются с ростом накопленного выпуска q благодаря эффекту обучения, описанному в п. 1.1, по следующему закону:

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

где $c_{\text{тр}}(q)$ – удельные стоимостные трудозатраты на выпуск q -го изделия;

$c_{\text{тр}}^1$ – удельные стоимостные трудозатраты на выпуск первого изделия,

λ – темп обучения.

Суммарные затраты на оплату труда при общем выпуске, равном Q изделий, определяются следующей формулой:

$$C_{\text{тр}}(Q) = \sum_{q=1}^Q c_{\text{тр}}(q) = c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=1}^Q (1 - \lambda)^{\log_2 q}.$$

Таким образом, общие издержки фирмы B за весь ЖЦИ можно оценить по следующей формуле:

$$TC^B = FC^B + c_{\text{мат}} \cdot Q^B + c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=1}^{Q^B} (1 - \lambda)^{\log_2 q}.$$

Общие затраты фирмы A в период монопольного присутствия на рынке можно выразить аналогичным образом:

$$TC_{\text{мон}}^A = FC^A + c_{\text{мат}} \cdot Q_{\text{мон}}^A + c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=1}^{Q_{\text{мон}}^A} (1 - \lambda)^{\log_2 q},$$

а ее затраты в период конкуренции выражаются следующей формулой:

$$TC_{\text{конк}}^A = c_{\text{мат}} \cdot Q_{\text{конк}}^A + c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=Q_{\text{мон}}^A+1}^{Q_{\text{мон}}^A+Q_{\text{конк}}^A} (1 - \lambda)^{\log_2 q}.$$

(на этом этапе рассматривается лишь прирост переменных затрат, поскольку считается, что все постоянные затраты уже сделаны фирмой A на предыдущем этапе). Здесь считается, что параметры функций прямых затрат производства (удельные материальные затраты, стоимостные трудозатраты на первое изделие и темп обучения) одинаковы для обоих участников. Однако постоянные затраты на НИОКР и ТПП могут различаться, что и обуславливает различное время выхода на рынок.

Таким образом, прибыли обеих фирм на этапах монопольного присутствия и конкуренции, а также за весь ЖЦИ можно выразить следующими формулами:

$$\Pi_{\text{мон}}^A = R_{\text{мон}}^A - TC_{\text{мон}}^A,$$

$$\Pi_{\text{конк}}^A = R_{\text{конк}}^A - TC_{\text{конк}}^A,$$

$$\Rightarrow \Pi^A = \Pi_{\text{мон}}^A + \Pi_{\text{конк}}^A;$$

$$\Pi^B = R^B - TC^B.$$

Если ожидаемая прибыль фирмы B не будет положительной¹, ей нецелесообразно вообще выходить на рынок (т.е. проявится эффект блокировки), и лидер, фирма A , останется на данном

¹ Здесь предполагается, что моменты завершения НИОКР и ТПП обоими участниками заранее им известны, и решение принимается в начальный момент. В реальности длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ характеризуются значительной неопределенностью даже для самого предприятия, и решения принимаются в реальном времени по мере поступления информации, что существенно усложняет сценарий временной конкуренции, подробнее см. п. 6.2.2.

рынке монополистом до конца ЖЦИ. В этом случае ее суммарная прибыль примет иное, заведомо большее значение:

$$\Pi^A \Big|_{\Pi^B < 0} = q_{\text{мон}} \cdot T_{\Sigma} \cdot (p_{\text{мон}} - c_{\text{мат}}^A) - c_{\text{тр}}^1 \cdot \sum_{q=1}^{q_{\text{мон}} \cdot T_{\Sigma}} (1 - \lambda)^{\log_2 q} - FC^A.$$

Рассмотрим условный пример, иллюстрирующий значимость риска увеличения длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ (см. [63]). Компании *A* и *B* планируют вывести на рынок широкофюзеляжные дальнемагистральные пассажирские самолеты, принадлежащие к одному классу. Общая длительность ЖЦИ с начала рабочего проектирования оценивается в 25 лет, суммарный объем спроса на самолеты данного класса прогнозируется на уровне 100 изделий в год, и компания-лидер – фирма *A* – выводит свой продукт на рынок через 5 лет после начала проектирования. Будучи монополистом, она имеет возможность установить цену на уровне 150 млн. долл. Предположим, что после выхода на рынок конкурирующего изделия обе фирмы поделят рынок поровну, и установят одинаковые цены на уровне 120 млн. долл. Важно отметить, что в данном примере не учитывается практически неизбежный проигрыш фирмы *B* либо в цене, либо в доле рынка, по причине более позднего выхода на рынок. Это означает, что в реальности выводы для компании *B* будут более пессимистическими, по сравнению с полученными в этом чрезвычайно упрощенном примере. Примем следующие значения исходных параметров. Пусть начальные вложения в каждый проект равны 10 млрд. долл.; удельные материальные затраты на один самолет составляют 50 млн. долл.; удельные трудозатраты на первый экземпляр (в стоимостном выражении) составляют 135 млн. долл. Удельные трудозатраты сокращаются на 20% при удвоении накопленного выпуска за счет эффекта обучения. На графиках, приведенных на рис. 3.2, изображены полученные с помощью предлагаемой упрощенной модели зависимости ожидаемой прибыли обоих конкурентов от длительности предпроизводственных стадий проекта *B*. При этом объем начальных вложений в каждый проект варьирует в пределах 20% от ожидаемого уровня.

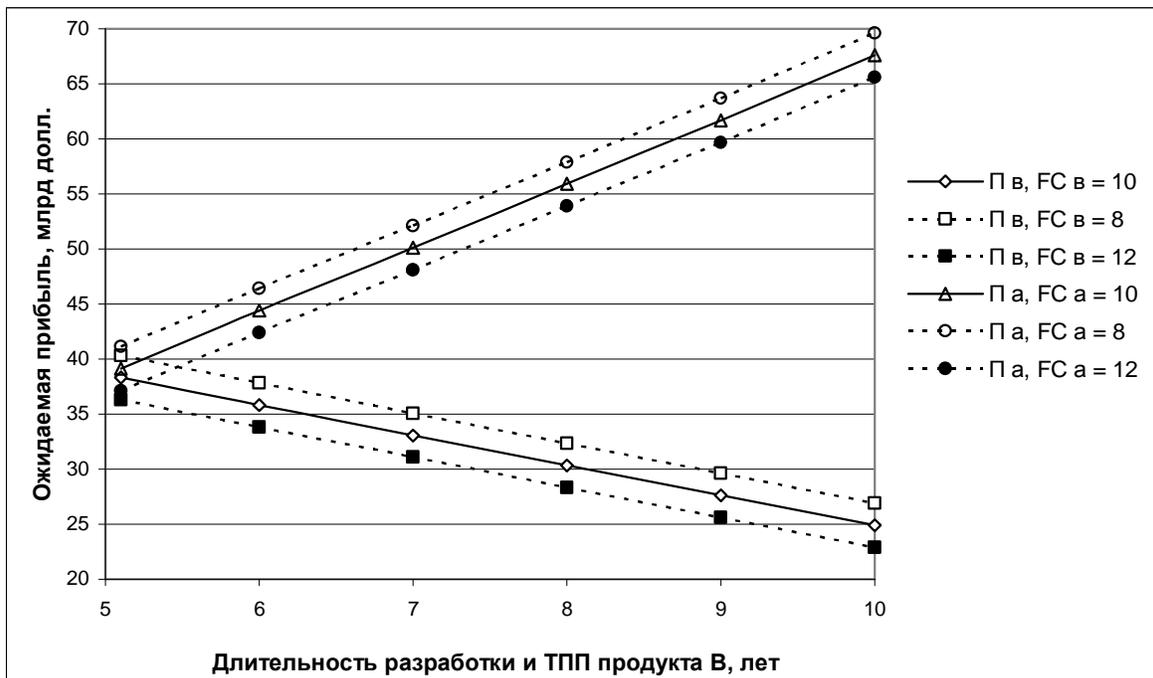


Рис. 3.2. Зависимость ожидаемой прибыли фирм-конкурентов от длительности предпроизводственных стадий проекта фирмы-имитатора

Как показывают расчеты, увеличение длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ на 20% (с 5 до 6 лет) приводит к сокращению ожидаемой величины прибыли фирмы *B* на 2,6 млрд. долл. При этом увеличение начальных вложений в проект *B*, изначально составлявших 10 млрд. долл., на те же

20% сократило бы прибыль компании ровно на 2 млрд. долл. Если же, например, запаздывание проекта *B* относительно конкурента составит 10 лет, фирма *A* сможет получить прибыль в 2,5 раза больше, чем фирма *B*, и т.д.

Поскольку здесь рассматриваются протяженные во времени проекты, вместо бухгалтерской оценки прибыли более корректно использовать чистую текущую стоимость проектов, с учетом временной стоимости денег. В этом случае влияние временного фактора усиливается. Инвестиционная привлекательность проекта для акционеров и кредиторов описывается набором показателей [21], среди которых весьма популярна в деловой среде *внутренняя ставка процента* (*IRR*, *Internal Rate of Return*), характеризующая доходность проекта. На рис. 3.3 приведены графики зависимости *IRR* обоих проектов от длительности предпроизводственных стадий проекта *B* (при этом считается, что начальные вложения в каждый проект делаются равномерно в течение всего предпроизводственного периода). Начальные вложения также варьируются в пределах 20% от ожидаемых значений.

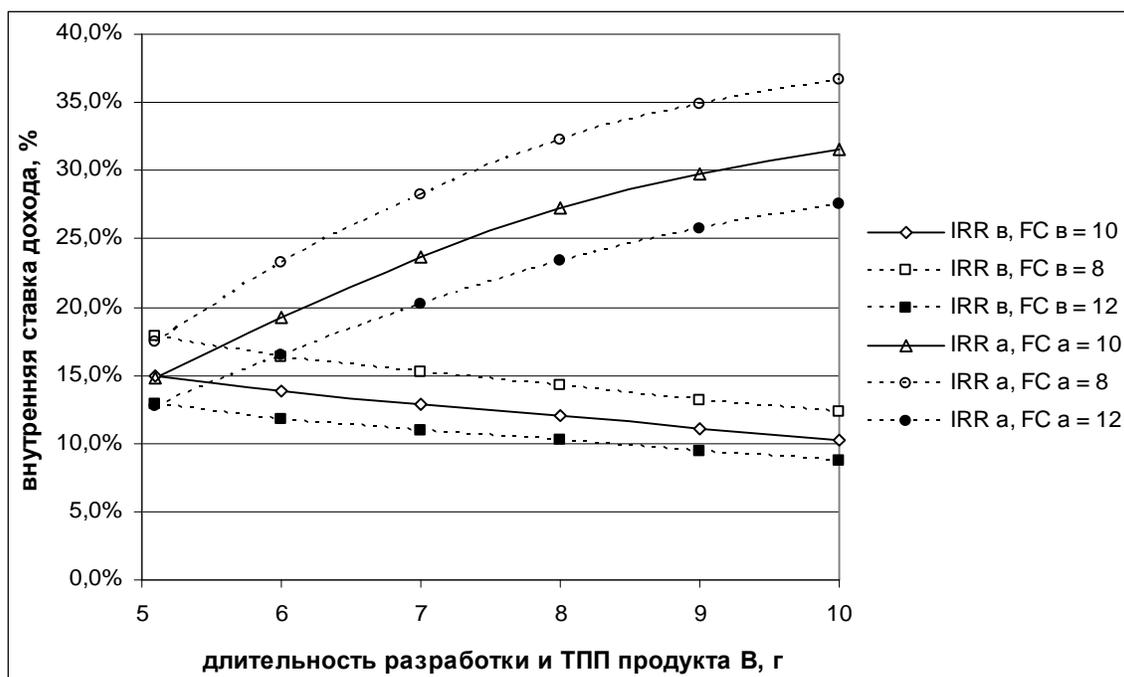


Рис. 3.3. Зависимости внутренней ставки процента конкурирующих проектов от длительности предпроизводственных стадий проекта *B*

Из графиков видно, что даже небольшое запаздывание относительно конкурента вызывает существенный разрыв в значениях *IRR*, и, как следствие — проигрыш в инвестиционной привлекательности. Это означает, что для финансирования проекта *B* будет сложно найти источник средств на свободном финансовом рынке.

Временная конкуренция будет особенно жесткой в тех случаях, когда:

- силен эффект обучения;
- длительность предпроизводственных стадий ЖЦИ сравнима с общей длительностью ЖЦ.

При этих условиях велика вероятность проявления эффекта блокировки даже при небольшом (относительно длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ) запаздывании выхода на рынок относительно конкурентов. В то же время, блокировка может и не наступить даже при значительном запаздывании, если фирмы-имитаторы обладают возможностью существенного снижения

себестоимости по сравнению с лидером¹, а спрос на данное благо эластичен по цене. В этих условиях имитаторы могут, предложив продукт, аналогичный продукции лидера, по низкой цене, рассчитывать на значительный прирост спроса. Именно этим ряд исследователей (см., например, [30]) объясняет успех фирм-имитаторов из стран АТР на рынках электроники, компьютерной техники и т.п., несмотря на то, что именно на этих рынках смена поколений наиболее динамична, и длительность периода продаж бывает существенно меньше длительности предпроизводственных стадий ЖЦИ. Кроме того, имитатор, в отличие от новатора, не несет большей части инновационных технических рисков, описанных в п. 3.1.

3.2.2. Сравнительный анализ рисков недостижения целевого уровня характеристик и перерасхода средств на НИОКР

Необходимо учитывать, что достижение успеха поисковых НИР носит принципиально случайный характер. Поэтому, принимая решение о начале работ по проекту, можно оценить лишь ожидаемый срок окончания поисковых исследований и ожидаемые затраты. Всегда существует риск отклонения этих величин от ожидаемых значений, в т.ч. в большую сторону, т.е. риск перерасхода средств на НИР. Также сложно прогнозировать затраты на доводку революционных технологий, потребные для массового и безопасного внедрения принципиально новых технологий в хозяйственную практику. Нельзя не согласиться с автором работы [12] в том, что высокотехнологичные инновационные проекты представляют собой сложные саморазвивающиеся системы, развитие которых не поддается детальному планированию на начальных стадиях ЖЦИ. Таким образом, неопределенность затрат на НИОКР, потребных для достижения «прорывного» превосходства новой технологии над нынешними или для открытия новых рыночных ниш, может быть чрезвычайно велика. В мировой практике реализации «прорывных» наукоемких проектов встречаются примеры перерасхода средств на НИОКР на десятки процентов и даже в несколько раз, см. [12]. Однако эти затраты относятся к постоянным, и при массовом применении новой технологии распределяются на большие объемы продукции. Тогда их вклад в среднюю себестоимость единицы продукции, называемый *средними постоянными затратами*, окажется относительно невелик. Соответственно, риск даже многократного изменения этих затрат не будет существенно влиять на успешность проекта. Важнее достичь гарантированного и значительного, «прорывного» снижения средних переменных затрат (т.е., применительно к изделиям с длительным жизненным циклом – эксплуатационных затрат), поскольку оно, в первую очередь, и определяет возможность массового распространения новой технологии. Также, как показано выше, критически важно не допустить, чтобы запаздывание относительно конкурентов превысило критический порог, за которым наступает эффект блокировки и коммерческий провал проекта. Возможно, это потребует дополнительных затрат на форсирование НИОКР и ТПП.

Рассмотрим следующий реалистичный пример. В настоящее время важнейшей составляющей эксплуатационных затрат авиакомпаний являются затраты на авиатопливо. Современные дальнемагистральные пассажирские самолеты обеспечивают удельный расход топлива в расчете на пассажира-километр на уровне 25 г./пасс.-км., что при цене авиатоплива порядка 1000 долл./т обеспечивает удельные затраты на авиатопливо на уровне 0,025 долл./пасс.-км. Пусть предлагается новое технологическое решение, позволяющее сократить удельный расход топлива на дальних маршрутах на 20% относительно текущего уровня. Однако возможные затраты на доводку новой технологии (в т.ч. показателей безопасности) до уровня, позволяющего сертифицировать ее для пассажирских перевозок, являются в настоящее время чрезвычайно неопределенными. Возможно, они составят 10 млрд. долл., но в пессимистическом варианте может потребоваться до 20 млрд., т.е. возможный прирост затрат на НИОКР составляет 100%. Разумеется, разница в 10 млрд. долл. чрезвычайно высока, однако так ли она существенна с точки зрения экономической эффективности новой технологии? Если на дальних маршрутах выполняется около 25% всего пассажирооборота мировой гражданской авиации, составляющего в настоящее время около 4 трлн. пасс.-км. в год, новая технология потенциально может применяться в объеме 1 трлн. пасс.-км. в год (без учета возможного роста пассажирооборота в будущем). Если длительность жизненного цикла новой технологии равна хотя бы 20 годам (что примерно соответствует длительности жизненного цикла поколения

¹ Здесь рассматривается временная конкуренция на рынке однородных товаров, в отличие от главы 2, в которой учитывалось еще и качественное различие конкурирующих продуктов.

гражданской авиатехники), средние постоянные затраты, вызванные внедрением новой технологии, составят:

- в оптимистическом сценарии – 0,0005 долл./ пасс.-км.;
- в пессимистическом сценарии – 0,001 долл./ пасс.-км.

Однако ожидаемое сокращение удельных топливных затрат составляет, при нынешней цене авиатоплива, 0,005 долл./ пасс.-км., что на порядок выше возможного прироста средних постоянных затрат, см. рис. 3.4.

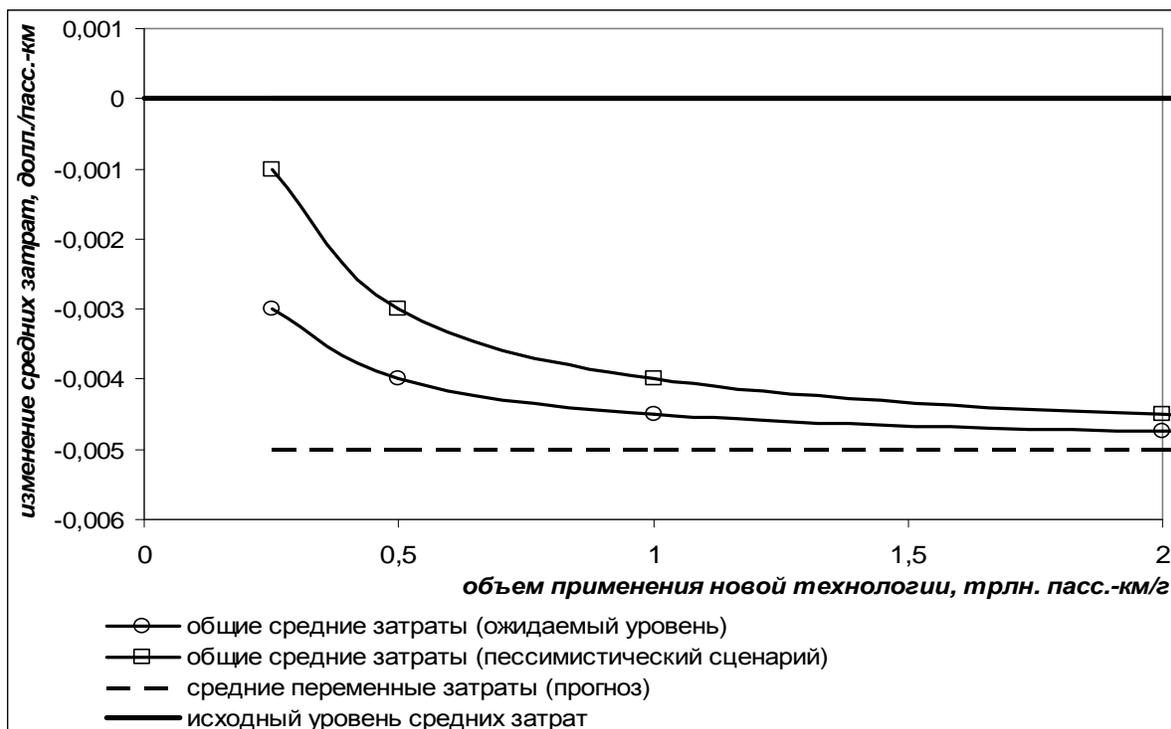


Рис. 3.4. Влияние риска изменения постоянных затрат на эффективность инновационной технологии

Таким образом, предпочтительнее добиться – даже ценой удвоения затрат на НИОКР – того, чтобы удельный расход топлива действительно сократился на 20%, чем, например, достичь 15%-го снижения расхода, затратив ровно 10 млрд. долл. Риск недостижения целевого уровня характеристик перспективной продукции (в данном случае, эксплуатационных затрат) гораздо существеннее риска перерасхода средств на НИОКР. Принятие этого положения требует коренных изменений в менталитете инвесторов и менеджеров.

Интересно отметить, что в советской наукоёмкой промышленности (несмотря на устойчивый стереотип, гласящий, что она совершенно не была приспособлена к работе в условиях рынка) нередко принималось решение именно в пользу достижения целевого уровня характеристик новой продукции – в т.ч. ценой дополнительных расходов. Яркий пример доставляет история создания широко известного семейства истребителей Су-27, подробнее см. [47]. Когда опытные образцы первого варианта этого изделия уже проходили летные испытания, появились уточненные данные о тактико-технических характеристиках основного зарубежного конкурента – истребителя F-15. Они оказались выше, чем предполагали изначально отечественные авиастроители. Поэтому конструкторы ОКБ им. П.О. Сухого по собственной инициативе (и под угрозой серьезных санкций в случае неудачи) предприняли коренную переработку своего изделия – по существу, спроектировали самолет заново, чтобы обеспечить качественное превосходство над современными и перспективными изделиями конкурентов. Как показала практика, их рискованное решение оказалось верным: самолет Су-27 стал

лучшим истребителем своего поколения, благодаря заложенному в базовой конструкции модернизационному потенциалу дал начало множеству модификаций, и на протяжении ряда лет был одним из главных товаров российского оружейного экспорта. Разумеется, принятое решение потребовало дополнительных затрат и времени, и средств. Однако стремление сэкономить, которое нередко принимается под влиянием «рыночных» стереотипов, привело бы только к гарантированному провалу проекта и потере вложенных средств (временного преимущества, которое, как показано в главе 2, иногда может оказаться важнее качественного отставания, в данном случае не было изначально, поскольку F-15 уже поступил на вооружение). Как было показано выше, на рынках наукоемкой продукции минимизация затрат ни в коем случае не должна быть ведущим критерием.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 3

Анализ рисков реализации инновационных проектов в наукоемкой промышленности показал следующее:

- Чем выше степень новизны проекта, тем выше риск недостижения целевого уровня характеристик в установленный срок. Расчеты на основе реалистичных значений вероятности негативного влияния новых элементов на характеристики изделия показывают, что даже при малом количестве новых элементов технический риск может достигать чрезвычайно высокого уровня, близкого к 100%. Тем не менее, во многих отраслях реализация таких высокорисковых проектов неизбежна.

- В наукоемкой промышленности риск перерасхода средств на НИОКР, как правило, менее важен, чем риски недостижения заданного уровня характеристик перспективной продукции или срыва сроков ее создания. Поэтому соответствующие риски целесообразно снижать даже ценой дополнительных расходов.

Глава 4. Анализ социально-экономической эффективности и рисков инновационного развития экономики

4.1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ

4.1.1. Проблема выбора императивов инновационного развития российской экономики

Как неоднократно было показано выше, по объективным причинам государству приходится играть очень активную роль в процессах инновационного развития экономики. В то же время, государство должно быть выразителем интересов не отдельных отраслей или групп интересов, а общества в целом (при всей условности и противоречивости понятия «общественные интересы»). В современных условиях любая хозяйственная деятельность, в т.ч. реализация инновационных проектов, порождает все больше внешних эффектов, учет которых обязателен при выработке государственных решений. Поэтому не следует сводить функции государства лишь к безусловной поддержке абстрактного «инновационного развития». Во-первых, ограниченность ресурсов – не только частных экономических субъектов, но и государств – вынуждает выбирать приоритеты. И, во-вторых, далеко не все инновации, даже выгодные с частной точки зрения, являются желательными для общества в целом.

Значительная часть усилий отечественных экономистов направлена в последние годы на поиск путей перехода российской экономики на инновационный путь развития. Желательность такого перехода не подвергается сомнению – обсуждается лишь реализуемость. При этом во многих исследованиях наукоемкий и высокотехнологичный сектор экономики (далее – НВТС) вообще рассматривается чрезвычайно абстрактно и обобщенно, без учета уникальной специфики различных отраслей, входящих в данный сектор. Но даже в работах весьма квалифицированных авторов важнейший вопрос: «какую именно инновационную экономику следует развивать?» - ставится лишь в разрезе стратегического позиционирования российской наукоемкой промышленности на мировом рынке, конкурентных преимуществ отечественной экономики в тех или иных отраслях. По мнению автора, в экономических исследованиях, посвященных инновационному развитию, недостаточно внимания уделяется следующим, далеко не риторическим вопросам:

- 1) всегда ли инновации повышают благосостояние общества или, по крайней мере, не ухудшают чьего-либо положения, т.е. являются ли они эффективными по Парето?
- 2) как инновации влияют на распределение доходов между отраслями и социальными группами?
- 3) Какие ограничения социально-экономической природы имеет рост НВТС? Может ли НВТС обеспечить массовую занятость и высокие доходы большей части населения Земли?

Научно обоснованные ответы на эти вопросы, как обосновано выше, необходимы для выработки стратегии устойчивого инновационного развития российской экономики.

Необходим детальный анализ рисков социально-экономического характера, которые сопряжены с теми или иными инновациями. Попытка провести такой анализ была предпринята совместно с Е.А. Болбот, а ее первые результаты, изложенные в работах [14, 68], и составили основу данной главы. Традиционно вопрос о социальных рисках инновационного развития сводится в экономических исследованиях лишь к анализу «временных трудностей» переходного периода смены технологических укладов. Каждая такая смена порождает значительные объемы структурной безработицы, поскольку старые профессии отмирают, а новым еще предстоит научиться. Еще Ж. Сисмонди, французский историк и основоположник интервенционизма [42], писал: «Кто же поверит, что капитал и труд в ночь с сегодня на завтра покинут падающее производство и переключатся на другое? Да, в конце концов, равновесие установится, но при этом часть заводов обанкротится, и часть рабочих умрет в нищете». Широко известны и практические следствия этих противоречий – например, восстания луддитов, разрушавших машины, поскольку в механизации производства им виделся источник их бедствий. Однако далее «по умолчанию» предполагается, что по завершении переходного процесса наступит всеобщее повышение благосостояния. Ниже будет показано, что эти ожидания не всегда оправданны.

В этой связи необходимо упомянуть точку зрения автора работы [92], в которой подчеркивается принципиально конфликтный характер любых инноваций. Также обозначены (и подкреплены убедительными примерами) некоторые отрицательные стороны инноваций:

- инновационная гонка, становясь самоцелью, поглощает значительные ресурсы, которые иначе могли бы быть использованы для реального повышения благосостояния потребителей, а эгоистическая погоня за прибылью часто заставляет новаторов выбирать неэффективные или даже вредные для окружающих пути инновационного развития;

- постоянные изменения затрудняют накопление ценностей, *тезаврацию* во всех сферах – от материальных благ до знаний, что ослабляет уверенность людей в завтрашнем дне и даже играет демотивирующую роль (зачем стараться накопить что-либо, если оно все равно обесценится?),

и т.п. Поэтому в указанной работе предлагается считать инновациями любые нововведения, безотносительно к их вреду или пользе, поскольку они выявляются лишь при последующем анализе или на практике, и носят отнюдь не универсальный характер – инновации, полезные для одних социальных групп, могут быть вредными для других. Аналогичной точки зрения придерживаются и авторы работы [2], нацеленной на уточнение понятия инноваций в различных сферах и выработку строгих квалиметрических подходов к их оценке, к измерению инновационной активности и т.п.

В данной книге также предполагается, что любые инновации имеют неоднозначные социально-экономические последствия, и делается попытка выработать системный подход к прогнозированию этих последствий. В этой главе лишь обозначены основные проблемы, решение которых требует дальнейших исследований, в т.ч. с применением экономико-математического моделирования и многопланового анализа реальных статистических данных. В конечном счете, необходимо получить научно обоснованный ответ на вопрос: какие именно инновационные технологии позволят обеспечить устойчивое повышение благосостояния широких слоев населения? Именно из этих соображений, а не из соображений выигрыша в конкурентной борьбе, целесообразно исходить при выработке стратегии инновационного технологического развития России.

4.1.2. Могут ли инновации обеспечить массовое экономическое благополучие?

Попытаемся ответить на вопросы, поставленные в п. 4.1.1, начиная с самого первого. Итак, могут ли инновации повышать благосостояние всего общества? Строго говоря, НТП никогда не может быть оптимальным по Парето – например, потому, что любое новшество хотя бы ненадолго ухудшает благосостояние определенных групп, вызывая структурные сдвиги. Характерный пример приведен в работе [90]: изобретение пенициллина позволило выздороветь множеству ранее обреченных больных, однако сократило доходы ряда врачей, владельцев санаториев, гробовщиков и т.п. Следует ли на этом основании считать снижение заболеваемости и смертности неэффективным? Таким образом, проблема выработки приемлемого критерия социальной эффективности инноваций остается открытой. Возможно, в качестве такового следует принять неухудшение положения всех групп потребителей в долгосрочной перспективе (по завершении структурных преобразований). В любом случае, инновации, существенно ущемляющие жизненно важные интересы значительной части населения, сложно назвать социально эффективными – а многие инновации, как будет показано ниже, сопряжены с такой угрозой.

На первый взгляд, отечественная экономическая наука не обязана заботиться об общественной эффективности инновационного развития в глобальном масштабе. Даже если такая эффективность не достигается, Россия может, выиграв в конкурентной борьбе, по крайней мере, в отдельных сегментах рынка высоких технологий, достичь не просто высоких темпов экономического роста, но и улучшения качества этого роста: радикального повышения доходов широких слоев населения, приращения человеческого капитала, и т.п. Но автор исходит из того, что устойчивым может быть лишь такое состояние, в котором обеспечивается благополучие большей части человечества, без резкого межрегионального, классового и др. расслоения. «Равновесие», основанное на сегрегации, может поддерживаться лишь путем силового принуждения и/или специфического информационного воздействия на дискриминируемые группы населения. Такое положение дел неприемлемо ни по этическим, ни по прагматическим соображениям. Если избранная модель инновационного развития предполагает четкое разделение на победителей и проигравших, нет никакой гарантии, что России (с учетом нынешнего положения наукоемкой промышленности, деградации кадрового, образовательного, научного потенциала, подробнее см. [48]) удастся войти в число первых – скорее, есть серьезные предпосылки для менее благоприятного исхода. По мнению автора, стратегическая задача России состоит не в том, чтобы победить в конкуренции в тех или иных сегментах мирового рынка наукоемкой продукции, а в том, чтобы победить в конкуренции моделей социально-

экономического развития, предложив социально и экологически ориентированную альтернативу господствующей в настоящее время модели, неизбежно предполагающей наличие победителей и проигравших в конкурентной инновационной гонке.

Зададимся вопросом: возможно ли устойчивое инновационное развитие и процветание всего человечества? В настоящее время инновационные секторы экономики преобладают лишь в наиболее развитых странах мира – США, Японии, во многих (но не во всех) странах ЕС. Прочие страны мира находятся на периферии процесса инновационного развития. Является ли такое положение дел лишь следствием отсталости последних, которая может быть преодолена путем повышения качества институтов в отстающих странах, развития человеческого капитала, и т.п.? Или постиндустриальное процветание одних и пребывание в доиндустриальном технологическом укладе других неизбежно представляют собой две стороны одной медали?

Широко известны оценки специалистов в области глобального моделирования (например, т.н. *Римского клуба*, проф. С.П. Капицы и коллектива Института математического моделирования РАН, Института системного анализа РАН, Международного института прикладного системного анализа и др., см., например, [56, 142]), согласно которым, если бы всё человечество смогло позволить себе уровень потребления, характерный для населения США, планету через несколько лет или даже месяцев постиг бы энергетический и экологический коллапс. В этой связи необходимо отметить т.н. *теорию «рога изобилия»*, изложенную в книге [99]. В ней утверждается, что рыночные силы предотвратят исчерпание ресурсов, поскольку их удорожание заставит сократить потребление, а также изыскать новые источники. Тем не менее, необходимо иметь в виду, что процессы развития и смены технологий добычи и использования ресурсов являются чрезвычайно инертными (см., например, [129]). Кроме того, «невидимая рука рынка», на которой зиждется эта теория, может и не сработать, поскольку потребление многих природных ресурсов (в особенности, если под ресурсами понимаются способности природы перерабатывать антропогенные выбросы) является практически бесплатным, и порождает, главным образом, внешние эффекты, слабо поддающиеся интернализации. Поэтому динамика пагубных процессов в сфере использования природных ресурсов может приобретать – и нередко действительно приобретает – необратимый характер.

Однако, помимо ограничений в потреблении (связанных, в основном, с ресурсно-экологическими проблемами), необходимо учитывать и возможность обеспечения массовой занятости населения в инновационном секторе экономики. Здесь на первый план выходят уже не ресурсно-сырьевые, а социально-экономические факторы. В НВТС весьма высока на фоне прочих отраслей производительность труда. Так, например, в 2002 г. в авиационном двигателестроении США было занято около 72 тысяч человек, при этом выручка составила 24,2 млрд. долл., а добавленная стоимость – 12,4 млрд. долл. [148]. Т.е. на одного работника приходилось, соответственно, около 335 и 171 тысячи долл. в год. В самолетостроении США число занятых составляло около 204 тысяч человек; выручка – почти 57 млрд. долл., а добавленная стоимость – 20,5 млрд. долл. [148]. Т.е. на одного занятого приходилось, соответственно, около 280 и 100 тысяч долл. в год. При этом средняя производительность труда в экономике США, по данным МОТ, составляла в 2002 г. около 60700 долл. в год на человека. Таким образом, в развитых странах мира производительность труда в НВТС в несколько раз выше, чем в прочих отраслях. Сопоставление численности занятых в авиационной промышленности и объема авиаперевозок показывает, что каждый работник авиастроения обеспечивает потребности в авиатехнике (естественно, воплощенные в конечные блага – авиаперевозки) нескольких тысяч пассажиров. Например, во всей – и гражданской, и военной – авиапромышленности США, контролирующей порядка половины мирового рынка гражданской авиатехники, в 2002 г. было занято около 620 тысяч человек [148], тогда как объем перевозок мировой гражданской авиации в том же, чрезвычайно неблагоприятном для этой отрасли году, составил около 1,6 млрд. пассажиров [143]. Даже если учесть, что доля расходов на авиаперевозки в бюджете состоятельных потребителей составляет, по разным оценкам, 2-5% (а, в свою очередь, на долю продукции авиационной промышленности – как авиатехники, так и сервиса – в этих расходах приходится не более 50%), все равно оказывается, что каждый работник НВТС удовлетворяет нужды многих потребителей. Это позволяет занятым в НВТС получать в несколько раз большие доходы, чем в остальных секторах экономики.

Вопрос о происхождении относительно высоких доходов работников НВТС рассматривался рядом авторов (начиная с Й. Шумпетера, подчеркивавшего рентный характер «сверхдоходов» предпринимателей-новаторов, наподобие дифференциальной ренты, описанной Д. Рикардо). В

работах И.Э. Фролова (см., например, [114]) введены понятия *технологических* и *интеллектуальных рента* нескольких типов, и, в частности, отмечено, что лидеры инновационной гонки временно становятся монополистами, что и обеспечивает им дополнительную монопольную прибыль и стимулирует ускоренное развитие НВТС. Такое положение (в рамках одной отрасли) достижимо лишь для относительно малой доли фирм и работников. Соответственно, инновационная экономика¹ в принципе не может носить массовый характер. Исключения могут составлять те случаи, когда радикальные инновации открывают принципиально новые рынки, до насыщения которых большинству производителей обеспечены высокие доходы. Однако не приходится рассчитывать на регулярное и массовое появление таких инноваций.

Даже если в инновационной экономике не может быть постоянно занято большинство населения Земли, инновации вполне могут приводить к повышению благосостояния потребителей, занятых в остальной, неинновационной части экономики. Тем не менее, и в этом, как будет показано далее, нет ничего само собой разумеющегося.

4.2. АНАЛИЗ СИСТЕМНОГО СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ИННОВАЦИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

4.2.1. Классификация инноваций с точки зрения удовлетворения потребностей

Прежде чем ответить на вопрос о влиянии инноваций на благосостояние общества, необходимо классифицировать инновации с точки зрения их влияния на удовлетворение человеческих потребностей. Сами эти потребности можно условно разделить на базовые и прочие. Они удовлетворяются, соответственно, благами первой необходимости и благами второй необходимости, предметами роскоши, и т.п. Выделение благ первой необходимости в данном случае существенно, поскольку и в России, и в мире в целом еще слишком велика доля населения, которая не может в достаточной мере удовлетворить даже базовые человеческие потребности. Преодоление бедности, обеспечение достойного уровня жизни для большинства населения должны быть одними из главных целей экономического развития и технологического прогресса.

Спрос на перечисленные категории благ обладает следующими особенностями (см., например, [34, 42]). Спрос на блага первой необходимости ограничен: существует некоторый уровень насыщения, по достижении которого потребитель уже начинает предъявлять спрос на прочие блага. При этом, если для благ первой необходимости важно само их наличие (и, соответственно, конкурентоспособность определяется, прежде всего, дешевизной), то при выборе благ второй необходимости, а, тем более, предметов роскоши, потребитель в большей степени обращает внимание на качество (в частности, на потребительские свойства), на неформализуемые характеристики и даже на иррациональные факторы – престижность и т.п.

Возможности производства тех или иных благ определяются, прежде всего, потребными удельными затратами труда и ресурсов (ископаемых, биологических, и т.п.) Поэтому отраслевую структуру экономики можно упрощенно представить в виде трех секторов (отраслевых комплексов), см. рис. 4.1:

- 1) сектор, производящий потребительские блага первой необходимости и необходимые для этого средства производства (основные фонды);
- 2) аналогичный сектор, производящий блага второй необходимости и предметы роскоши;
- 3) ресурсно-сырьевой сектор, который обеспечивает первые два необходимыми видами сырья.

¹ В строгом смысле этого слова – нужно учитывать, что далеко не весь НВТС является по своей природе инновационным, подробнее см. [114].

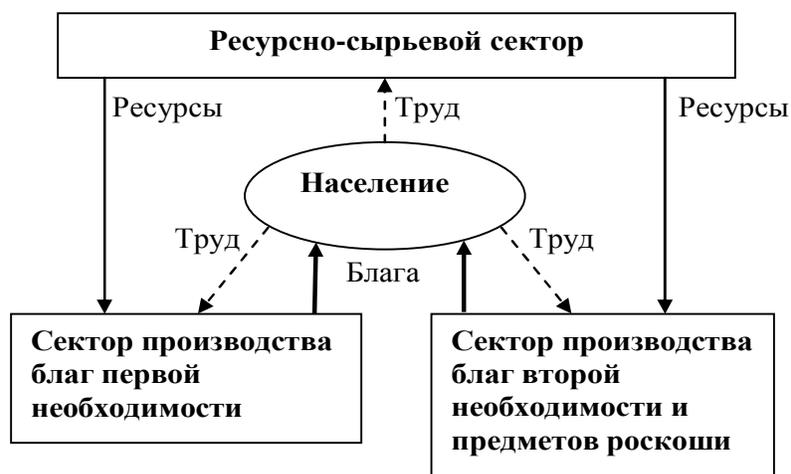


Рис. 4.1. Упрощенная модель экономической системы

В рамках такой упрощенной структуры экономической системы, можно условно выделить следующие группы инноваций.

I. Инновации, которые позволяют удешевить блага первой необходимости, сократив затраты труда и/или ресурсов на их производство.

II. Инновации, позволяющие сделать доступнее блага второй необходимости и предметы роскоши – также за счет сокращения затрат труда и/или ресурсов на их производство.

III. Инновации в сфере производства благ второй необходимости и предметов роскоши могут не приводить к их удешевлению (а даже наоборот), но придавать этим благам более высокий уровень потребительских свойств, что повысит их привлекательность для обеспеченных потребителей. Характерным примером являются сверхзвуковые пассажирские авиаперевозки. По объективным техническим причинам, удельное потребление топлива в расчете на единицу транспортной работы – пассажиро-километр – у сверхзвуковых самолетов будет существенно выше, чем у современных дозвуковых реактивных самолетов¹. То же самое касается и прочих составляющих себестоимости авиаперевозок. Несмотря на относительно высокую себестоимость таких перевозок, они могут пользоваться спросом у состоятельных пассажиров. При высокой стоимости времени, приблизительно вдвое большая рейсовая скорость сверхзвукового самолета оправдывает дороговизну билетов.

Важно отметить, что, в отличие от всех прочих групп инноваций, инновации данного типа могут привести к образованию нового субсектора, производящего блага второй необходимости. Т.е., например, могут сосуществовать сверхзвуковая гражданская авиация и традиционная, дозвуковая. Если в прочих секторах более экономичная технология однозначно вытесняет старую, то в данном случае для ряда потребителей (с более высокими доходами) новые блага станут предпочтительнее традиционных, а остальных потребителей не заинтересует улучшение потребительских качеств, достигаемое за счет повышения цены.

IV. Инновации в сырьевом секторе, ослабляющие ресурсные ограничения и снижающие цены сырья для всех остальных секторов (в отличие от инноваций групп I или II, сокращающих удельное потребление ресурсов в конкретном секторе). Это могут быть новые технологии производства, доставки и хранения ресурсов, а также переход к использованию более емких, в т.ч. возобновляемых источников ресурсов.

¹ Если у сверхзвуковых самолетов первого поколения, из числа которых в коммерческой эксплуатации до начала 2000-х гг. оставался англо-французский «Конкорд», этот показатель более чем вдвое превышал расход топлива современных им дозвуковых самолетов, то в перспективных проектах второго поколения планируется, что это превышение составит не более 40-50%.

Разумеется, такое деление является чрезвычайно условным, в силу упрощенной отраслевой структуры модели экономики, принятой в данной работе. Однако и такое схематичное представление позволяет получить некоторые содержательные качественные выводы.

Анализируя реальную историю развития технологий, можно утверждать, что наибольшая инновационная активность наблюдается именно в сфере производства благ второй необходимости и предметов роскоши (группа II). Немалая доля усилий ученых, инженеров, предпринимателей нацелена на создание еще более дорогих благ с улучшенными потребительскими свойствами - luxury goods, элитных благ (группа III). Социально-экономические предпосылки такой неодинаковой инновационной активности подробно обсуждаются ниже. Что касается благ первой необходимости, безусловно, и в их производстве наблюдается определенный прогресс (инновации группы I). Так, трудно отрицать повышение продуктивности сельского хозяйства, достигнутое благодаря его механизации и мелиорации земель, а в последние годы – также за счет генетической модификации сельскохозяйственных растений и животных¹. Тем не менее, значительная часть человечества до сих пор удовлетворяет свои первичные потребности, пользуясь технологиями, фактически, доиндустриальной эпохи – как правило, чрезвычайно трудоемкими, хотя и с относительно низкими затратами ресурсов. Это сопровождается отсталостью соответствующих институтов – например, сельскохозяйственное производство нередко организовано в форме натурального хозяйства. Инновации группы IV (например, в сфере энергетики, водоснабжения, утилизации отходов) только начинают появляться, поскольку лишь недавно человечество явным образом столкнулось с глобальными ресурсно-экологическими ограничениями своего развития.

Инновации в отдельных секторах вовсе не являются изолированными – они, во-первых, оказывают влияние на ситуацию в других секторах, и, во-вторых, могут проникать (диффундировать) в другие секторы.

4.2.2. Анализ влияния инноваций на обеспечение потребителей различными категориями благ

Влияние инноваций² в определенных секторах экономики на ситуацию в других секторах может проявляться по нескольким каналам. Можно условно выделить следующие каналы воздействия инноваций на благосостояние различных групп населения:

- 1) прямое воздействие, выражающееся в улучшении обеспечения соответствующими благами;
- 2) косвенное воздействие, которое, в свою очередь, может принимать следующие формы:
 - 2.1) изменение доходов работников различных секторов;
 - 2.2) изменение структуры потребительских расходов;
 - 2.3) изменение цен общих ресурсов, используемых при производстве различных видов благ.

Схематично перечисленные виды эффектов приведены на рис. 4.2. Если прямое влияние инноваций однозначно позитивно, то косвенное влияние может (и тому существует множество примеров) приводить к ухудшению экономического положения даже тех социальных групп, которые, на первый взгляд, не имеют отношения к соответствующим отраслям и рынкам.

¹ Риски медико-биологического и экологического характера, связанные с этими инновациями, требуют отдельного анализа, который не может быть проведен в рамках экономических исследований.

² Здесь рассматриваются именно инновации производственного характера, позволяющие сократить себестоимость производства тех или иных благ, либо придать этим благам лучшие потребительские свойства (в т.ч. и ценой их удорожания).

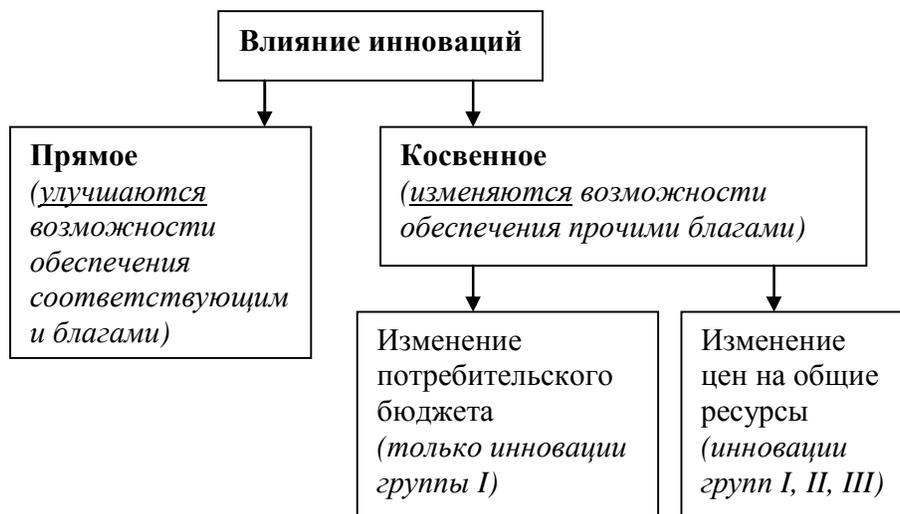


Рис. 4.2. Виды влияния инноваций на обеспечение благами

Благодаря инновациям группы I не только улучшается обеспечение потребителей благами первой необходимости. У некоторых потребителей появляются средства на приобретение благ второй необходимости, а у более состоятельных, которые и ранее приобретали блага второй необходимости и предметы роскоши, высвобождаются дополнительные средства на эти цели. Т.е. инновации в сфере производства благ первой необходимости оказывают позитивное влияние и на доходы всех прочих секторов экономики. Такого свойства лишены инновации групп II и III. В рамках принятой здесь упрощенной модели потребления, на блага второй необходимости и предметы роскоши тратится лишь избыток дохода сверх необходимого для насыщения первичных потребностей. Следовательно, инновации групп II и III сами по себе не способны повлиять на обеспечение потребителей благами первой необходимости. Однако инновации групп I, II и III могут приводить к изменению потребления ресурсов, а инновации группы IV – к изменению их производства. Следовательно, любые инновации производственного назначения приводят к изменению цен на ресурсы, доходов сырьевого сектора и потребления благ первой необходимости. Каковы направления этих изменений?

Инновации группы III, порождают, как правило, еще более дорогостоящие и ресурсоемкие блага второй необходимости или предметы роскоши. Создавая избыточный спрос на ресурсы, производители элитных благ способствуют удорожанию ресурсов для всех секторов, что сокращает возможности обеспечения малоимущих потребителей благами первой необходимости. Это можно рассматривать как отрицательный внешний эффект роста потребления элитных и ресурсоемких благ. Рост цены ресурсов выступает сдерживающим фактором на пути увеличения их потребления. Однако понятие «потребление ресурсов» здесь трактуется расширенно – имеется в виду как непосредственно расходование биоресурсов, ископаемого топлива, металлов и др. ресурсов, так и производство отходов, загрязнение окружающей среды, создающее нагрузку на экосистемы. В последнем случае под ресурсами подразумеваются чистый воздух, пресная вода и др. Следует заметить, что если расходование ресурсов в узком смысле требует затрат, то создание дополнительной нагрузки на экосистемы нередко выступает в качестве внешнего эффекта, и эффективность рыночного регулирования использования таких ресурсов невелика.

В связи с вышесказанным, необходимо упомянуть работу [123], в которой в качестве основной движущей силы научно-технического прогресса и экономического роста рассматриваются отрицательные внешние эффекты, имеющие место при потреблении общих невозобновляемых ресурсов. Каждый производитель благ и их потребитель, используя эти ресурсы и предъявляя на них спрос, способствует повышению их дефицитности и цены, что негативно влияет на прочих производителей и потребителей. Те, в свою очередь, вынуждены во избежание снижения собственного благосостояния повышать свою экономическую активность, провоцируя дальнейшее истощение и удорожание ресурсов, и т.д. Т.е. даже рыночные силы, удорожание истощаемых

ресурсов, не гарантируют, что стимулы к их сбережению будут достаточно сильными. Авторы упомянутой работы в рамках простой экономико-математической модели показали, что описанное динамическое равновесие вполне может быть устойчивым при реалистичных значениях модельных параметров. Описанная динамика экономического развития сопровождается ухудшением по Парето, и в конце концов приводит к полному исчерпанию невозобновляемых ресурсов. Также на отрицательные внешние эффекты, сопровождающие инновационное развитие и экономический рост, обращают внимание в работе [140], и др.

4.2.3. Социально-экономические риски внедрения ресурсосберегающих технологий

В силу исключительной значимости глобальных ресурсных ограничений в динамике технологического и социально-экономического развития, значительная доля усилий ученых, инженеров, общественных деятелей в последние десятилетия направлена на снижение ресурсоемкости (в широком смысле – как материалоемкости, энергоемкости, трудоемкости и т.п., так и удельных выбросов разнообразных отходов и вредных веществ) производства тех или иных благ. Инновации групп I и II, в особенности, направленные на снижение ресурсоемкости производства благ, на первый взгляд, однозначно приводят к сокращению совокупного потребления соответствующих ресурсов, со всеми вытекающими последствиями (снижение доходов сырьевого сектора, падение цен соответствующих видов сырья и их удешевление для всех секторов, и т.д.) Однако в реальности результат внедрения таких инноваций неоднозначен. При внедрении ресурсосберегающих технологий нередко получается результат, обратный ожидаемому: при сокращении удельного расхода ресурсов, соответствующие блага становятся доступнее, спрос на них возрастает, причем, иногда в такой степени, что совокупное потребление ресурсов увеличивается! Этот эффект, называемый *эффектом рикошета*, неоднократно наблюдался в различных отраслях. Одно из первых упоминаний о нем принадлежит известному британскому экономисту Уильяму Стэнли Джевонсу, см. [42]. Он отмечал, что наблюдавшееся в XIX веке существенное повышение экономичности паровых машин, работавших на угле, привело не к снижению, а к бурному росту спроса на уголь. Можно привести множество примеров проявления данного эффекта на всем протяжении технологического развития человечества.

Следует подчеркнуть, что эффект рикошета проявляется не только в отношении «платных» ресурсов, но и в отношении экологических внешних эффектов. Сам термин «эффект рикошета» в узком смысле возник именно в эколого-экономических исследованиях. Снижение удельных выбросов нередко (но не всегда!) сопряжено с сокращением расходования «платных» ресурсов. Т.е. экологический внешний эффект некоторым образом увязывается с издержками его производителя, и происходит его интернализация. Так, например, совершенствование тепловых двигателей приводит, с одной стороны, к снижению удельного (на единицу мощности) расхода топлива, а с другой – к снижению эмиссии CO₂, уменьшению выбросов несгоревших остатков топлива (сажи и т.п.) Поэтому при повышении экологической чистоты техники она может стать экономичнее, причем, настолько, что суммарное потребление ресурсов (и, соответственно, объем выбросов) даже возрастет.

Детальный экономико-математический анализ позволяет получить условия, при которых эффект рикошета проявится, и при которых он маловероятен. Так или иначе, даже безусловно желательные, на первый взгляд, инновации, в силу описанного эффекта могут приводить к последствиям, прямо противоположным ожидаемым. Разумеется, нет сомнений в необходимости разработки и внедрения ресурсосберегающих технологий. Им нет альтернативы с точки зрения обеспечения конкурентоспособности как отдельной фирмы, так и национальной экономики (о чем подробнее пойдет речь в следующей главе). Поскольку рыночные силы не способны ограничить проявление данного, в целом, пагубного эффекта (более того, он является прямым следствием действия этих сил), для этого требуется государственное вмешательство. Экономисты развитых стран мира, в которых активно внедряются ресурсосберегающие технологии, в течение ряда лет исследуют причины и следствия эффекта рикошета, ищут эффективные пути его минимизации (см., например, обзорную статью [131]).

На рис. 4.3 схематично показаны возможные изменения цен общих ресурсов и соответствующие изменения объемов производства и потребления различных видов благ в результате внедрения инноваций той или иной группы.

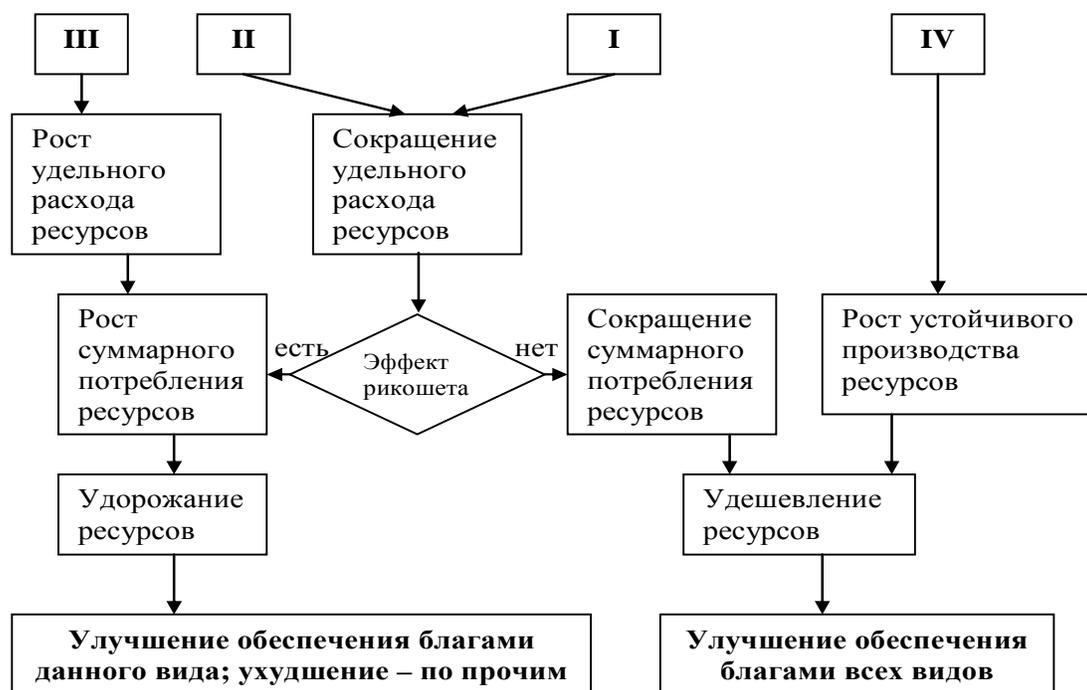


Рис. 4.3. Влияние инноваций на цены ресурсов и возможности обеспечения благами

На рис. 4.3 подразумевается, что инновации, ведущие к росту потребления ресурсов и их удорожанию, хотя и сказываются негативно на обеспечении прочими благами, но все же улучшают обеспечение благами соответствующего вида. Т.е. считается, что прямой эффект всегда сильнее косвенных (ценовых). В противном случае, суммарное потребление ресурсов заведомо снижалось бы, и не было бы оснований для их удорожания.

Если по какой-либо причине для производства благ второй необходимости или предметов роскоши требуется больше ресурсов определенного вида, их цена возрастает, и увеличивается себестоимость производства благ первой необходимости. Соответственно, возможности обеспечения ими малоимущих потребителей сокращаются. Яркий пример такого эффекта – события последних лет на рынках продовольствия, подробнее см. [6]. Поскольку топливо, произведенное из растительного сырья, считается привлекательной альтернативой ископаемому углеводородному горючему, в условиях исчерпания запасов и удорожания последнего резко возрос спрос на сырье для производства биотоплива. При этом, во-первых, посевные площади, которые ранее использовались для выращивания продовольственных культур, нередко становится выгоднее использовать для выращивания специфических «топливных» культур. Во-вторых, даже продовольственное и кормовое зерно, а также прочие виды сельскохозяйственного сырья все чаще приобретаются не пищевой, а топливной промышленностью. И та цена, которую состоятельные потребители в развитых странах мира готовы платить за биотопливо, как показывает практика, существенно выше цены, которую бедные потребители способны платить за продовольствие.

Систематизируя описанные риски внедрения инновационных ресурсосберегающих технологий, можно предложить их следующую классификацию:

1) На самом деле, новые технологии могут не являться ресурсосберегающими и экологически чистыми, поскольку существуют внешние эффекты, распределенные в пространстве (т.н. «экологическое лицемерие» - например, в благополучных регионах ездят электромобили, а в других регионах сжигают топливо и производят выбросы ТЭЦ, дающие им энергию; выбросы углекислого газа в странах ОЭСР, действительно, практически не растут в течение ряда лет, но все «грязные» производства выведены в страны третьего мира, и т.д.).

2) Отрицательный внешний эффект может быть отложенным во времени (например, вследствие замены многолетних лесов на однолетние культуры, используемые для производства биотоплива, возникает т.н. «углеродный долг», подробнее см. [130]).

3) Новые технологии могут быть энергетически невыгодными. Так, например, до недавнего времени энергоемкости производства и монтажа солнечных батарей и др. средств альтернативной энергетики существенно превышали количество энергии, которое может быть выработано с их помощью¹. Также существенно меняет выводы о привлекательности биотоплива учет потребности в воде для выращивания биомассы, и т.п. Энергетически невыгодные решения могут, тем не менее, реализоваться благодаря деформации системы цен, субсидированию новых источников энергии и усиленному налогообложению традиционных, подробнее см. [55]. Такая государственная поддержка может быть оправданной в расчете на то, что по мере развития данной технологии (а ее развитие, в свою очередь, требует массового применения), она станет энергетически выгодной. Однако в ряде случаев даже эффект обучения, совершенствование технологий и т.п. не исправят положение – по причине объективных ограничений, накладываемых законами природы.

Эти три типа ресурсосберегающих инноваций можно назвать *технологически неэффективными*, т.к. они, на самом деле, не обеспечивают декларируемой экономии ресурсов (понимаемых в широком смысле – не только как расходование собственно ресурсов, но и как генерация выбросов, т.е. ресурсами можно считать и поглощающие способности окружающей среды).

4) Даже если на микроуровне потребление ресурсов снижается, оно может возрасти на макроуровне (благодаря эффекту рикошета).

Такие инновационные технологии эффективны «в малом», на микроуровне, но рыночные системные эффекты делают результаты их внедрения противоположными ожидаемым на макроуровне. Их можно назвать *системно неэффективными*, т.к. они неэффективны (с точки зрения декларируемых целей ресурсосбережения) в составе социально-экономических систем.

5) Даже если с экологической и энергетической точек зрения, в т.ч. на системном уровне, технология в целом эффективна, она может порождать негативные внешние эффекты для отдельных групп. Возможно снижение доступности общих ресурсов и снижение уровня жизни малоимущих групп населения – как описанный выше дефицит продовольствия вследствие растущего спроса на биотопливо.

6) При неэластичном предложении ресурсов эффект рикошета приведет к существенному удорожанию ресурсов и недостижению ожидаемого прироста доступности ресурсоемких благ. Примеры описаны в книге [64]: эффект рикошета на рынке авиатоплива при появлении более экономичной авиатехники может привести к тому, что перевозки подорожают, и ожидаемый прирост доступности авиаперевозок не будет достигнут.

Т.е. эффект рикошета (подчеркнем, что в двух последних случаях он уже не приводит к росту совокупного потребления ресурсов всеми группами потребителей) может быть внешним отрицательным эффектом, а может приводить к снижению (относительно ожидаемой величины) прироста благосостояния непосредственно целевой группы потребителей. Такие технологии можно назвать *социально неэффективными*.

Можно заметить, что три последние группы рисков – (4), (5) и (6) - тесно связаны с эффектом рикошета, только системная неэффективность (рост суммарного потребления ресурсов) проявляется при эластичном предложении ресурсов, а социально-экономические риски – как правило, при неэластичном. Кроме того, важно подчеркнуть, что анализ описанных рисков требует детального учета социально-экономической ситуации – распределения доходов в обществе, неоднородности поведения различных социальных групп. Т.е. неизбежно потребуются построение структурных моделей, учитывающих различные социальные группы, что отмечают и другие исследователи [124]. В настоящее время анализу подобных (в т.ч. негативных) системных экономических эффектов инноваций уделяется мало внимания. Так, в работе [101] проведена систематизация социальных

¹ В этой связи показателен пример доставки из КНР в Западную Европу лопастей для ветроэлектростанции массой около 15 т самолетом Ан-225 «Мрия» грузоподъемностью 250 т [86], поскольку только его грузовой отсек мог вместить столь крупногабаритный (хотя и чрезвычайно легкий для данного транспортного средства) груз. Разумеется, расход топлива в данном рейсе определялся в большей степени грузоподъемностью самолета, а не его фактической загрузкой.

эффектов инвестиционных проектов, в т.ч. инновационного характера, и учтено, что эффекты могут быть и отрицательными. Однако в числе таковых отмечены лишь сокращение занятости вследствие повышения производительности труда, разорение конкурентов, повышение социальной напряженности вследствие возникновения новых высокооплачиваемых рабочих мест и т.п. Проведенный в данной главе анализ расширяет представления о возможных социальных рисках инновационного развития экономики.

С учетом описанных рисков внедрения ресурсосберегающих технологий различных видов можно сделать вывод о том, что наиболее целесообразными и практически «безрисковыми» с социально-экономической точки зрения являются инновации в сфере обеспечения благами первой необходимости и в сфере устойчивого обеспечения ресурсами (а не ресурсосбережения). В частности, чрезвычайно актуальны инновационные технологии обеспечения продовольствием и пресной водой, жильем и коммунальными услугами (включая утилизацию отходов), здравоохранения. Особо подчеркнем, что эти приоритеты инновационного развития могут, в отличие от экспортно-ориентированных приоритетов, пользоваться активной поддержкой широких слоев населения. Помимо соображений коммерческой эффективности, минимизации социально-экономических рисков и отрицательных внешних эффектов, важно подчеркнуть еще один – мотивационный – аспект выбора приоритетов инновационного развития. Для успешного перехода России на инновационный путь развития необходима вовлеченность широких слоев российского общества в становление инновационной экономики. Однако рассчитывать на это можно лишь при условии, что приоритетные направления инновационного развития непосредственно связаны с решением наиболее насущных социально-экономических проблем страны, с повышением качества жизни большинства населения (и, таким образом, понятны ему).

Одной из самых насущных проблем социально-экономического развития страны, требующих для своего решения наибольшего объема ресурсов (как в натуральном, так и в стоимостном выражении) является жилищная проблема. По обеспеченности жильем Россия в несколько раз уступает не только странам-лидерам экономического развития, но даже ряду развивающихся стран. В свою очередь, эта проблема связана с целым рядом других – проблемами обеспечения здоровья населения, развития регионов, демографической проблемой и т.д. Причем, необходимо именно инновационное и комплексное решение данной проблемы, которое обеспечит низкие затраты ресурсов на строительство и эксплуатацию жилья; низкий уровень энергопотребления и воздействия на окружающую среду; минимизацию транспортных проблем и т.д. Для этого требуются инновационные разработки не только в сфере собственно строительства, но также в сфере транспорта, энергетики, сельского хозяйства, технологий природопользования. Поскольку необходимо обеспечить занятость населения в высокотехнологичной сфере без значительной его концентрации в перенаселенных городах, это потребует новых принципов организации промышленного производства, логистики и др. Возникает масштабная комплексная проблема создания инновационной среды обитания, обеспечивающей высокое качество жизни с использованием естественных природно-климатических преимуществ российских регионов. Разумеется, детальный анализ описанных направлений инновационного развития российской экономики выходит за рамки данной книги.

4.2.4. Взаимосвязь дифференциации доходов, инноваций и их диффузии

Разумеется, инновационное развитие не приводит к равномерному изменению благосостояния всех членов общества. Оно влияет на дифференциацию доходов – как в масштабах страны, так и в мировом масштабе. С одной стороны, статистические данные и теоретический анализ, проводимый в рамках институциональной школы с использованием таких категорий, как специфичность ресурсов и т.п., показывают, что наукоемким и высокотехнологичным отраслям экономики присуща гораздо меньшая степень дифференциации доходов, чем сырьевым, см., например, [48, 50, 114]. Поэтому переход национальной экономики на инновационный путь развития считается залогом обеспечения благоприятной социально-экономической ситуации в стране, сокращения угрожающего уровня дифференциации богатства и доходов, присущего сырьевым экономикам. С другой стороны, в глобальном масштабе ускоренное технологическое развитие стран-лидеров происходит на фоне стагнации в экономике периферийных стран. В то же время, как было сказано выше, нынешние ресурсные возможности и технологические характеристики современной экономики не предполагают массовой доступности ресурсоемких благ второй необходимости. В связи с этим, нуждается в

проверке следующая гипотеза. Возможно, существующий экономический миропорядок (включая финансовую систему, ценовые диспропорции, и т.п.) нацелен на создание такой степени дифференциации доходов в мировой экономике, чтобы у подавляющего большинства населения периферийных стран не было возможности предъявлять спрос на ресурсоемкие блага второй необходимости. При этом для производства благ первой необходимости в этих странах используются, преимущественно, отсталые технологии с высокой трудоемкостью, но сравнительно низким удельным потреблением ресурсов (в т.ч. по причине низкой степени механизации и автоматизации труда). Иначе говоря, у населения периферийных стран просто нет времени потреблять дефицитные ресурсы, необходимые для удовлетворения «продвинутых» потребностей граждан развитых стран мира. И даже в том случае, если бы ресурсные ограничения не препятствовали массовому обеспечению высокого уровня жизни большей части человечества, у наиболее состоятельных групп может сохраниться стремление к углублению дифференциации – по соображениям [на первый взгляд, иррациональным] повышения собственного статуса. В этой связи интересно заметить, что, по мнению ряда ученых [84], концепция инновационной экономики, в определенном смысле, противопоставлялась солидаристской концепции «экономики благосостояния», которая была, в основном, реализована в развитых странах Запада к концу 1970-х гг. и исчерпала себя, с точки зрения интересов финансово-промышленной и политической элиты этих стран.

Некоторые виды инноваций, не учтенных в приведенной выше упрощенной классификации, непосредственно направлены на углубление (или, по крайней мере, на поддержание на существующем уровне) дифференциации доходов, как в отдельном обществе, так и в мировом масштабе. Прежде всего, это касается инновационных технологий непроизводственного назначения – в сфере вооружений и военной техники, технологий, предназначенных для спецслужб, и т.п. С точки зрения институциональной экономики, в частности, экономической теории прав собственности (см., например, [50]), эти службы и технологии призваны упредить силовое перераспределение собственности и доходов. Можно возразить, что они же могут быть и инструментами подобного силового перераспределения. Однако очевидно, что наилучшими финансовыми возможностями для содержания силовых служб, а также научным потенциалом для совершенствования соответствующих технологий обладают наиболее экономически развитые страны, а в отдельном обществе – наиболее состоятельные социальные группы. Поэтому им с большей вероятностью удастся исключить силовое перераспределение доходов и собственности в пользу менее состоятельных групп, чем последним – такое перераспределение обеспечить. Более того, возможно дальнейшее силовое перераспределение доходов от менее состоятельных к более состоятельным группам. Впрочем, как показано выше, даже «мирные» инновации производственного назначения оказывают неоднозначное воздействие на доходы различных отраслей и секторов экономики, а также на социально-экономическую ситуацию.

Не только инновации влияют на благосостояние общества и дифференциацию доходов – существует и обратная зависимость. Можно утверждать, что само возникновение ряда новых технологий, в дальнейшем получающих широкое распространение, изначально требует высокой степени дифференциации доходов, чтобы имелась определенная «критическая масса» состоятельных потребителей, способных приобретать новые блага в достаточном количестве, обеспечивая высокие доходы их разработчикам и производителям¹. Этим отчасти объясняется более высокая инновационная активность в сфере обеспечения благами второй необходимости и предметами роскоши. В дальнейшем за счет эффекта обучения себестоимость этих благ снижается, и они становятся доступными более широкому кругу потребителей, т.е. происходит *диффузия инноваций*. Так, мобильная телефонная связь, еще в 1980-е гг. являвшаяся предметом роскоши даже в наиболее развитых странах мира, ныне является благом, доступным подавляющему большинству населения развивающихся стран. При этом качество, разнообразие услуг и потребительские свойства пользовательской аппаратуры качественно улучшились. Благодаря эффекту обучения может снижаться себестоимость не столько самих благ, сколько технологий, лежащих в их основе. Тогда возникают предпосылки для их диффузии в другие секторы рынка благ, в т.ч. и в сектор, производящий блага первой необходимости. Такова традиционная точка зрения на процесс диффузии инноваций.

¹ В ряде случаев роль стартового заказчика, обладающего необходимой «критической массой» финансовых возможностей, принимает на себя государство.

Тем не менее, можно заметить, что, хотя диффузия некоторых инноваций действительно носит очень широкий характер, иные высокотехнологичные блага и после десятилетий освоения остаются доступными лишь узкому кругу наиболее обеспеченных потребителей. Например, услуги воздушного транспорта и в настоящее время доступны лишь нескольким процентам населения, как России, так и Земли в целом. Это может быть вызвано иной структурой затрат на производство соответствующих благ. В приведенном примере все большую часть себестоимости авиаперевозок составляют затраты на авиатопливо (т.е. в общем случае – на ресурсы), которые по мере увеличения объемов выпуска не сокращаются значительно за счет эффекта обучения, см. рис. 1.10. Поэтому даже традиционно сильный для авиастроения эффект обучения в производстве не способен обеспечить всеобщую доступность таких ресурсоемких благ, как авиаперевозки.

В этой связи можно полагать, что ныне наблюдаемое сильное расслоение человечества по доходам является своего рода естественным ограничителем на пути ускоренного истощения невозобновляемых ресурсов. В принципе, повышение доступности целого ряда высококачественных благ могло бы привести к ресурсному и экологическому коллапсу (см. примеры гипотетического повышения доступности авиаперевозок в книге [64]), но эффект рикошета в сочетании с малой эластичностью предложения ресурсов блокирует рост доступности соответствующих благ и потребления ресурсов (см. ситуацию (6) п. 4.2.3). В то же время, вполне возможны и такие ситуации (в п. 4.2.3 она описана под номером (5)), когда снижение удельного потребления ресурсов при производстве определенных видов благ за счет эффекта рикошета приведет к росту их совокупного потребления и даже к снижению их доступности для большинства доходных групп потребителей.

Иные факторы, непосредственно не связанные с дефицитом природных ресурсов, ограничивают диффузию таких инновационных продуктов, как компьютерная техника и телекоммуникационные услуги. С одной стороны, они, как и мобильная связь, сильно дешевеют с ростом масштабов выпуска и накопленного опыта. С другой стороны, пользование ими подразумевает (в отличие от телефонной связи) определенный уровень подготовки потребителя, его образования, культурных запросов, а также наличие свободного времени (которого, как отмечено выше, бедным слоям населения почти не оставляют трудоемкие технологии производства благ первой необходимости). В этой сфере действуют не ресурсные ограничения, а именно социально-экономические.

4.3. РИСКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ РАЗВИТИЯ НЕМАТЕРИАЛЬНОГО СЕКТОРА ЭКОНОМИКИ

На первый взгляд, активно развивающийся в последние десятилетия нематериальный сектор экономики не порождает описанных выше проблем дефицитности материальных ресурсов и т.п. Однако, как показывает проведенный ниже анализ, и его развитие чревато серьезными противоречиями социально-экономического характера.

Как известно, доля нематериального сектора в экономике развитых стран мира неуклонно росла на протяжении ряда последних лет. Например, доля услуг в ВВП США составляет около 80%. По формальным признакам российская экономика почти не отстает в этом отношении от мировых лидеров экономического развития: доля сектора услуг в российском ВВП достигает 60% [39, 110]. При этом необходимо учитывать возможные терминологические неточности – например, сектор услуг включает в себя и такие, безусловно, относящиеся к материальному производству виды деятельности, как техническое обслуживание и ремонт сложной продукции. Отчасти, по мнению автора, отнесение тех или иных активов или видов деятельности к нематериальной сфере вызвано, скорее, методологической слабостью экономической науки. Так, например, по оценкам различных аналитиков, стоимость материальных активов компании Coca-Cola составляет от 4 до 16% общей стоимости компании, а подавляющая часть стоимости приходится на нематериальные активы – торговую марку (бренд) и связанные с ней конкурентные преимущества. Однако эти преимущества имеют вполне материальную природу¹: уверенность потребителя в том, что товар или услуга, выпускаемые под данным брендом, имеют гарантированный уровень качества в любой точке земного шара, и, как следствие – снижение риска, информационной асимметрии и т.п. Даже информационные технологии производственного назначения некоторые исследователи склонны относить к

¹ Факторы нематериального характера – престижность бренда и т.п. – в данном примере не столь значимы, и подробно обсуждаются ниже.

нематериальной сфере, пасуя перед трудностями оценки их экономической эффективности. Такой подход, по мнению автора, непродуктивен и с практической, и с исследовательской точек зрения.

Но, так или иначе, налицо тенденция к снижению доли собственно материального производства в экономике развитых стран мира. Это позволило ряду исследователей (см. [49]) возвестить о начале *постиндустриальной эры*, эпохи *информационной экономики*, в которой основным занятием большей части экономически активного населения становится не производство материальных благ, а создание и переработка информации. Строго говоря, термины «информационная экономика» и «постиндустриальная экономика» не тождественны, хотя обозначаемые ими понятия весьма близки. Их взаимосвязь, а также реализуемость информационной и постиндустриальной экономики в российских условиях критически проанализированы в работе [39]. Наблюдаемое в последние годы снижение доли материального производства в российской экономике вызвано, скорее, ее деиндустриализацией, чем переходом к постиндустриальному укладу. Однако и в экономически развитых странах рост нематериального сектора влечет за собой неоднозначные социально-экономические последствия, анализу которых и посвящен данный раздел.

Развитие информационной индустрии может быть слабо связано с удовлетворением насущных материальных потребностей общества, по следующим причинам. Во-первых, даже информационные технологии и консалтинговые услуги производственного назначения нередко не приносят предприятиям выгоды по причине их неэффективного внедрения. Во-вторых, в постиндустриальной экономике значительное место занимают *интеллектуально-креативные услуги*, по классификации [33]: реклама, брендинг, PR и др. Хотя многие из перечисленных услуг – производственного назначения, они не нацелены на повышение эффективности производства материальных благ. Даже с точки зрения выигрыша в конкурентной борьбе, эффективность рекламы может быть низкой, т.е. рекламные затраты могут слабо коррелировать с объемами продаж, см., например, [1].

Важно подчеркнуть, что отрыв информационной индустрии от материального производства считается естественным и даже желательным. Среди адептов постиндустриальной экономики были¹ чрезвычайно популярны следующие тезисы:

«Удовлетворение материальных потребностей, материальное производство [как товаров, так и услуг] – вчерашний день экономики. Теперь основное занятие наиболее развитой части человечества – производство впечатлений, настроений и смыслов».

При этом интеллектуально-креативный сектор не занимается ни удовлетворением духовных потребностей человечества, как, например, культура, ни созданием будущих ценностей, как фундаментальная наука. Т.е., фактически, открыто признано и считается желательным существование некой «индустрии ради индустрии».

Более того, интересы развития данного сектора все чаще вступают в прямое противоречие с соображениями эффективности производства материальных благ. Характерный пример приводится в работе [96]: хотя наиболее рациональной формой упаковки различных продовольственных продуктов и напитков является параллелепипед, необходимость выделить свой продукт на фоне конкурентов заставляет производителей придавать упаковке чрезвычайно причудливые формы. Объем тары может существенно превышать объем продукта, а масса брутто – массу нетто. В результате на упаковку тратятся лишние материалы, в т.ч., порождающие экологические проблемы; в контейнерах и грузовых отсеках остается пустое пространство, и транспортные средства фактически «возят воздух» или излишнюю массу тары, расходуя дефицитное топливо и создавая вредные выбросы. Естественно, возможность выделиться собственно характеристиками продукта – пищевой ценностью, вкусовыми качествами и т.п. – в постиндустриальной экономике уже не рассматривается, поскольку объективно измеримые материальные потребности в такой экономике, по определению, удовлетворены полностью, и остается лишь «производить и продавать впечатления». Как показано в этом примере, «производство впечатлений», не создавая материальных благ, может – прямо или косвенно – требовать больших затрат материальных ресурсов. Подобная расточительность, во-первых, усугубляет экологические проблемы, и, во-вторых, приводит к удорожанию ресурсов и ухудшению

¹ Наступивший в 2008 г. глобальный экономический кризис несколько поколебал уверенность в необратимом пришествии постиндустриальной эры, и даже вызвал оживление интереса экономистов к проблемам удовлетворения насущных потребностей человечества. По крайней мере, существование таких потребностей снова пришлось признать, и процессы их удовлетворения временно вернулись в сферу интересов «мейнстрима» экономической науки.

положения даже тех членов общества, которые предъявляют спрос лишь на элементарные блага первой необходимости.

Бурное развитие нематериального сектора экономики уже порождает глубокие противоречия социально-экономического характера. В то время, как десятки процентов населения Земли не могут удовлетворить даже элементарных первичных (по классификации А. Маслоу) потребностей, более половины себестоимости целого ряда товаров и услуг, в т.ч., первой необходимости, составляют затраты на рекламу и т.п. (см., например, [1]). Оставляя в стороне морально-этические аспекты, зададимся следующими вопросами. Каковы пределы устойчивого роста описанного «интеллектуально-креативного» сектора? Не преувеличены ли его блестящие перспективы? Чем грозит его гипертрофия?

Для корректного ответа на эти вопросы совместно с Е.А. Болбот была построена следующая простая экономико-математическая модель [14]. Примем следующие предпосылки. Прежде всего, предположим, что «производители впечатлений» не производят материальных ценностей, непосредственно удовлетворяющих первичные потребности человека (автору такое предположение не кажется большим упрощением). В то же время, интеллектуально-креативные услуги все-таки могут пользоваться спросом у потребителей, но только у тех, чьи первичные потребности уже удовлетворены сполна. Пусть уровень потребления материальных благ C_{\min} позволяет домашнему хозяйству физически выжить, а, начиная с уровня C_{sat} (от англ. satisfactory – удовлетворительный), оно уже становится «потребителем впечатлений». Обозначим α долю домохозяйств, занятых в нематериальном секторе экономики. Соответственно, созданием материальных ценностей занята доля $(1-\alpha)$. Пусть средняя производительность труда в материальном секторе равна y . Обозначим среднедушевое потребление материальных благ в материальном и нематериальном секторах, соответственно, C_M и C_H . Тогда должен выполняться следующий баланс производства и потребления материальных благ¹:

$$\alpha * C_H + (1-\alpha) * C_M = (1-\alpha) * y.$$

Из этого баланса можно выразить уровень материального потребления работников нематериального сектора:

$$C_H = \frac{1-\alpha}{\alpha} * (y - C_M).$$

Для того, чтобы работники материального сектора могли удовлетворять свои материальные потребности на достойном уровне и предъявлять спрос на нематериальные блага, должно выполняться условие $C_M \geq C_{sat}$. Следовательно, уровень материального потребления «производителей впечатлений» должен удовлетворять следующему неравенству:

$$C_H \leq \frac{1-\alpha}{\alpha} * (y - C_{sat}). \quad (4.1)$$

Если же требуется обеспечить лишь физическое выживание производителей материальных благ ($C_M \geq C_{\min}$), ограничение ослабляется:

$$C_H \leq \frac{1-\alpha}{\alpha} * (y - C_{\min}). \quad (4.2)$$

Чем выше доля занятых в нематериальном секторе, тем ниже максимально допустимые уровни материального потребления этих работников, определяемые условиями (4.1) и (4.2), и наоборот. На рис. 4.4 наглядно изображены области допустимых значений α и C_H . В области I выполняется условие (4.1), а в области II – лишь условие (4.2). В приведенном на рисунке примере используются следующие исходные данные: средняя производительность труда в материальном производстве $y =$

¹ Возможные потери произведенных благ, наличие общественных и смешанных благ, государственные расходы здесь для простоты не учитываются.

50000 долл./чел.*г.; минимально необходимый уровень потребления материальных благ $C_{\min} = 10000$ долл./чел.*г.; уровень полного насыщения материальных потребностей $C_{\text{sat}} = 40000$ долл./чел.*г.

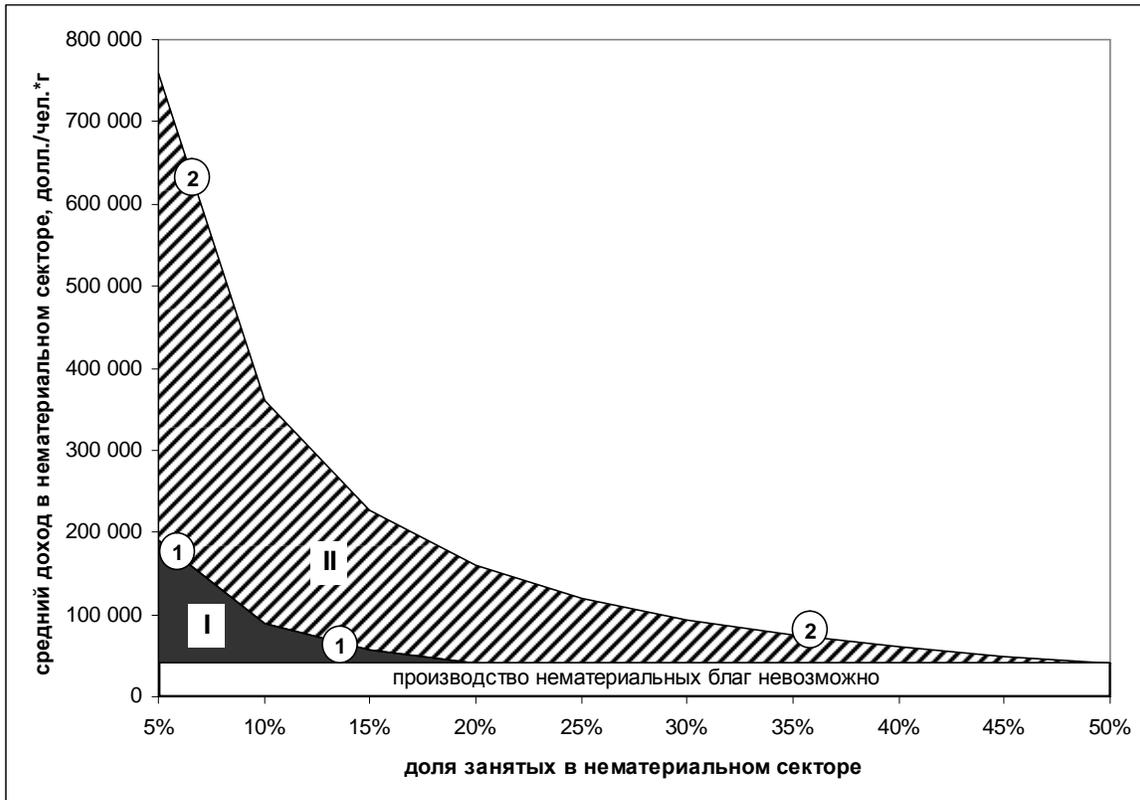


Рис. 4.4. Допустимые значения доли занятых в нематериальном секторе и их материального потребления

Заметим, что в данном примере $C_{\min} \ll C_{\text{sat}}$, что, вероятнее всего, справедливо в большинстве случаев, поскольку в реальности разные доходные группы потребителей обеспечиваются очень неравномерно не только предметами роскоши, но и благами первой необходимости, особенно в отношении качества этих благ (здравоохранение, жилищно-коммунальные услуги, качество воды и пищи, и т.п.). И технологии их производства очень сильно различаются, в т.ч. трудоемкостью и удельным ресурсопотреблением. В развитых странах материальные потребности удовлетворяются, как правило, с помощью технологий с низкой трудоемкостью (за счет автоматизации), но, возможно, с высоким ресурсопотреблением. В предлагаемой упрощенной модели такие различия не учитываются, и рассматривается единая для всей экономики средняя производительность труда в материальном производстве.

В области I работники материального производства получают доходы, достаточные и для достойного удовлетворения материальных потребностей, и для того, чтобы предъявлять спрос на нематериальные блага. Поэтому область I на рис. 4.4 можно назвать *областью компромисса*, а линию ограничения (4.1) можно считать кривой «общественного спроса» на нематериальные блага. В то же время, кривая их предложения ведет себя противоположным образом. Число желающих получать высокие доходы за свои креативные способности, а не за участие в материальном производстве, растет, что приводит к противоречиям. Выход за ограничение (4.1) в область II физически возможен, но означает, что обеспечивать «производителей впечатлений» материальными благами будут работники, которые вряд ли сами смогут воспользоваться интеллектуально-креативными услугами. Такой односторонний обмен не может быть добровольным, поэтому область II на рис. 4.4 можно назвать *областью принудительного обмена*. Поддержание такого состояния требует силового

воздействия на работников материального сектора или/и воздействия информационного. Арсенал методов весьма широк – массовая «культура», пропаганда и т.п. (заметим, что эти «продукты» также производит интеллектуально-креативный сектор). В долгосрочной перспективе такое равновесие не может быть устойчивым и грозит серьезными кризисами.

Логично предположить, что заниматься «производством впечатлений» индивид может лишь при условии, что его материальное потребление не ниже уровня, позволяющего ему самому пользоваться плодами своих трудов, т.е. $C_H \geq C_{sat}$. Таким образом, допустимые области значений α и C_H ограничены и снизу, см. рис. 4.4. Следовательно, даже если работники сектора интеллектуально-креативных услуг согласны довольствоваться малым (что в реальности маловероятно), их доля не может превышать значения α_{max} , определяемого из следующего условия:

$$C_H = C_{sat} = \frac{1 - \alpha_{max}}{\alpha_{max}} * (y - C_M), \Rightarrow \alpha_{max} = \frac{y - C_M}{y - C_M + C_{sat}} = 1 - \frac{C_{sat}}{y - C_M + C_{sat}}.$$

Если принять минимально допустимое значение C_M равным C_{sat} (что соответствует условию (4.1)), тогда

$$\alpha_{max} = \frac{y - C_{sat}}{y} = 1 - \frac{C_{sat}}{y},$$

а доля занятых в материальном производстве не должна быть ниже отношения $\frac{C_{sat}}{y}$ (в примере, приведенном на рис. 4.4 – 80%). Иначе говоря, если нынешний уровень развития технологий и ресурсные ограничения не позволяют среднему работнику материального производства обеспечивать свои материальные потребности с большим избытком (т.е. $y \approx C_{sat}$), допустимая доля занятых в нематериальном секторе не может быть значительной. По существу, это интуитивно очевидный тезис, который в терминах советской эпохи формулировался бы так: «надстройка не должна опережать базис». Бурный рост нематериального сектора, опережающий рост производительности материального производства, возможен лишь за счет выхода в область II, т.е. работники материального производства будут вынуждены снабжать плодами своих трудов тех, чьей продукцией они заведомо не смогут воспользоваться.

Подобная сегрегация может быть политически неприемлемой внутри одной страны, но вполне реализуема в рамках мирового хозяйства. Вышеуказанное деление на «производителей впечатлений» и производителей материальных благ получило свое отражение во всемирном разделении труда. Наиболее экономически развитые страны мира – прежде всего, США, Япония, ведущие страны ЕС – видят себя именно в роли производителей нематериальных благ, оставляя материальное производство преимущественно на долю развивающихся стран. Многие виды массового материального производства вытесняются в страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), прежде всего – в Китай, становящийся «всемирной мастерской» нашего времени. Дешевизна рабочей силы в новых индустриальных регионах способствует применению относительно трудоемких технологий с низкой производительностью труда. Поскольку в приведенном на рис. 4.4 примере $y \approx C_{sat}$, но $C_{min} \ll C_{sat}$, область II существенно обширнее области I. Если же $y < C_{sat}$ (что, вероятнее всего, имеет место в развивающихся странах), тогда условие (4.1) заведомо невыполнимо, и область I вообще отсутствует. Можно утверждать, что именно такое положение дел складывается в настоящее время в мировой экономике. Промышленное развитие стран АТР не сопровождается появлением у наемных работников материального достатка и свободного времени, позволяющего наслаждаться достижениями постиндустриальной цивилизации (хотя и позволяет рабочим удовлетворять свои базовые потребности, т.е. $C_M \approx C_{min}$). Как было отмечено выше, такой обмен не может быть добровольным. В связи с этим, можно полагать, что существующий в Китае жесткий политический режим (не допускающий, помимо оппозиционной политической деятельности, также акций протеста наемных работников, реальной активности профсоюзов и т.п.), несмотря на формально коммунистическую ориентацию, органично встраивается в логику мирового рынка, поддерживая дешевизну рабочей силы во «всемирной мастерской».

Можно заметить, что в предлагаемой модели рассматривался обмен лишь торгуемыми благами, т.е., преимущественно, товарами, допускающими перевозку из регионов производства к потребителям. Но многие блага первой необходимости (в особенности, услуги) являются неторгуемыми благами, и перемещению не подлежат. В этом случае их производители вынуждены жить и работать там же, где и потребители. Фактически это и наблюдается в целом ряде экономически развитых стран, в которых производство благ первой необходимости становится, преимущественно, уделом иммигрантов, а коренное население тяготеет к профессиям «производителей впечатлений». Т.е. описанная сегрегация может, в принципе, наблюдаться и внутри одной страны, что влечет за собой разнообразные социально-экономические, культурные и политические последствия.

Таким образом, институты современной мировой экономики отражают противоречие между стремлением стран-лидеров инновационного развития перейти от материального производства к преимущественно нематериальному, и объективной невозможностью такого перехода в обозримом будущем. В рамках предлагаемой модели, основным ограничителем на пути к постиндустриальному обществу служит недостаточная производительность труда в материальном производстве. Можно возразить, что в развитых странах мира за счет механизации и автоматизации производства достигается очень высокая средняя производительность труда. Однако, как правило, трудосберегающие технологии требуют высоких удельных затрат ресурсов, и срабатывает иное – ресурсное ограничение.

Принято считать безусловно позитивным, что в постиндустриальной экономике многократно возрастает роль науки и образования. Однако здесь необходимо учитывать следующий вид рисков. При уходе материального производства на второй план, строго говоря, потребуются совсем не те наука и образование, которые стали привычными в индустриальную эпоху. И возможные изменения не ограничиваются смещением акцентов с естественных и технических дисциплин в сторону гуманитарных. В условиях, когда от науки и образования уже не требуется получать конкретные практические результаты в материальной сфере, могут подвергнуться «размыванию» сами основы научного метода, системность образования и т.п. Можно утверждать, что эти процессы уже начались. Детальный анализ подобных проблем выходит за рамки данной работы.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 4

Необходимо анализировать не только частные выгоды и риски инновационных проектов, но и социальные. Предварительный, качественный анализ социальной эффективности и рисков разнообразных инноваций позволяет сделать следующие выводы.

- Даже однозначно благотворные, на первый взгляд, инновации могут иметь негативные социально-экономические последствия. Так, вследствие эффекта рикошета многие ресурсосберегающие технологии могут привести к росту суммарного потребления ресурсов и экологической нагрузки, к снижению доступности жизненно важных благ для большинства потребителей. При формировании требований к перспективным технологиям и стратегии их внедрения, необходимо обеспечить отсутствие эффекта рикошета, устойчивое выполнение ресурсных и экологических ограничений.

- Наиболее целесообразными и практически «безрисковыми» с социально-экономической точки зрения являются инновации в сфере обеспечения благами первой необходимости и в сфере устойчивого обеспечения ресурсами (а не ресурсосбережения). В то же время, наивысшая инновационная активность в настоящее время наблюдается в сфере производства благ второй необходимости и предметов роскоши. Это противоречие открывает перед Россией возможность занять достойное место в мировой экономике, не вступая в прямую конкуренцию с нынешними лидерами инновационного развития.

- Гипертрофия нематериального сектора в условиях недостаточной производительности труда в материальном производстве может привести к обострению социально-экономических противоречий между «производителями впечатлений» и производителями материальных благ. Последние могут не обладать достаточным доходом и свободным временем, чтобы пользоваться плодами труда первых. Такой неравноценный обмен, в т.ч. и на уровне международного разделения

труда, может поддерживаться лишь принудительно. В итоге, социально-экономические противоречия могут перерасти в политические, культурные и т.п.

Глава 5. Экономическая мотивация выбора направлений инновационного развития

5.1. ПРОБЛЕМА ВЫБОРА ПРИОРИТЕТОВ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ: КОНКУРЕНТНОЕ ПРЕИМУЩЕСТВО ИЛИ ОБЩИЕ ИНТЕРЕСЫ

С одной стороны, на основе современных технологий невозможно обеспечить массовую доступность многих товаров и услуг, являющихся атрибутами высокого качества жизни. С другой стороны, если бы даже удалось снять социально-экономические барьеры на пути обеспечения массовой доступности образа жизни, характерного для наиболее развитых стран мира, это привело бы к энергетическому и экологическому коллапсу, о чем уже говорилось выше, в п. 4.1.2. Для успешного преодоления технологического разрыва во многих наукоемких отраслях может быть недостаточно одного лишь «мирного сосуществования» компаний и научных организаций из разных стран. Чтобы обеспечить массовую доступность инновационных благ без ущерба для устойчивого развития, может быть необходимым объединение интеллектуальных, финансовых, организационных и др. ресурсов вчерашних конкурентов. Однако не только российская наукоемкая промышленность, но и зарубежная, в своих планах инновационного развития исходит, прежде всего, из соображений обеспечения конкурентного преимущества. Так, в Национальном плане США в области авиации [135] в качестве генеральной цели декларируется удержание господства США в воздухе в гражданской и в военной сферах.

Вопрос о соотношении конкуренции и кооперации, антагонизма и общих интересов является, по мнению автора, одним из центральных вопросов экономической теории и практической экономической политики. Например, в монографии [36] известный исследователь в области конкурентоспособности Э. Деминг последовательно обосновал, подкрепляя многочисленными практическими примерами, тезис о благотворности кооперации и пагубном влиянии конкуренции, в особенности – прямой, антагонистической. Но прежде чем призывать государства и фирмы перейти от соперничества к сотрудничеству, необходимо уточнить: всегда ли у различных участников инновационной гонки существуют общие интересы? Насколько они существенны, в сравнении с эгоистическими мотивами? В данной работе делается попытка ответить на эти вопросы с помощью экономико-математического моделирования.

Анализ реальной конъюнктуры и моделей конкурентных рынков в самых разных отраслях позволяет сделать некоторые интересные наблюдения. Так, например, в работе [72], посвященной объяснению феномена т.н. *низкотарифных (low-cost)* авиакомпаний, рассматривается аналогичный эффект на рынке авиаперевозок, который проявляется в процессе удорожания авиатоплива. Согласно результатам модельных расчетов, вначале низкотарифные авиакомпании даже выигрывают от такого ухудшения условий работы отрасли (что и наблюдалось в реальности), но затем их также постигает спад объемов перевозок и прибыли, см. рис. 5.1. В работе [72] предложено следующее объяснение росту спроса на услуги низкотарифных перевозчиков, несмотря на повышение их тарифов. Проявляется эффект, подобный *эффекту Гиффина* [34, 42]: хотя билеты низкотарифных авиакомпаний также дорожают по мере удорожания топлива, они все равно существенно дешевле билетов обычных авиакомпаний (за счет сокращения объема сервиса и прочих «непрофильных» затрат), и спрос на них растет. Низкотарифные авиакомпании, предлагая перевозки по более низким тарифам, чем традиционные, привлекают часть пассажиров, которые до подорожания топлива пользовались услугами традиционных перевозчиков. Однако по достижении определенного порога, удорожание авиатоплива приносит и низкотарифным компаниям большие потери, чем выигрыш за счет увеличения доли рынка. Иначе говоря, ухудшение общих условий (до определенного уровня) может быть выгодно игроку, более приспособленному к этому ухудшению, т.е. выигрыш в конкуренции приносит выгоду даже при ухудшении общей ситуации, и лишь затем падают прибыли обоих участников.

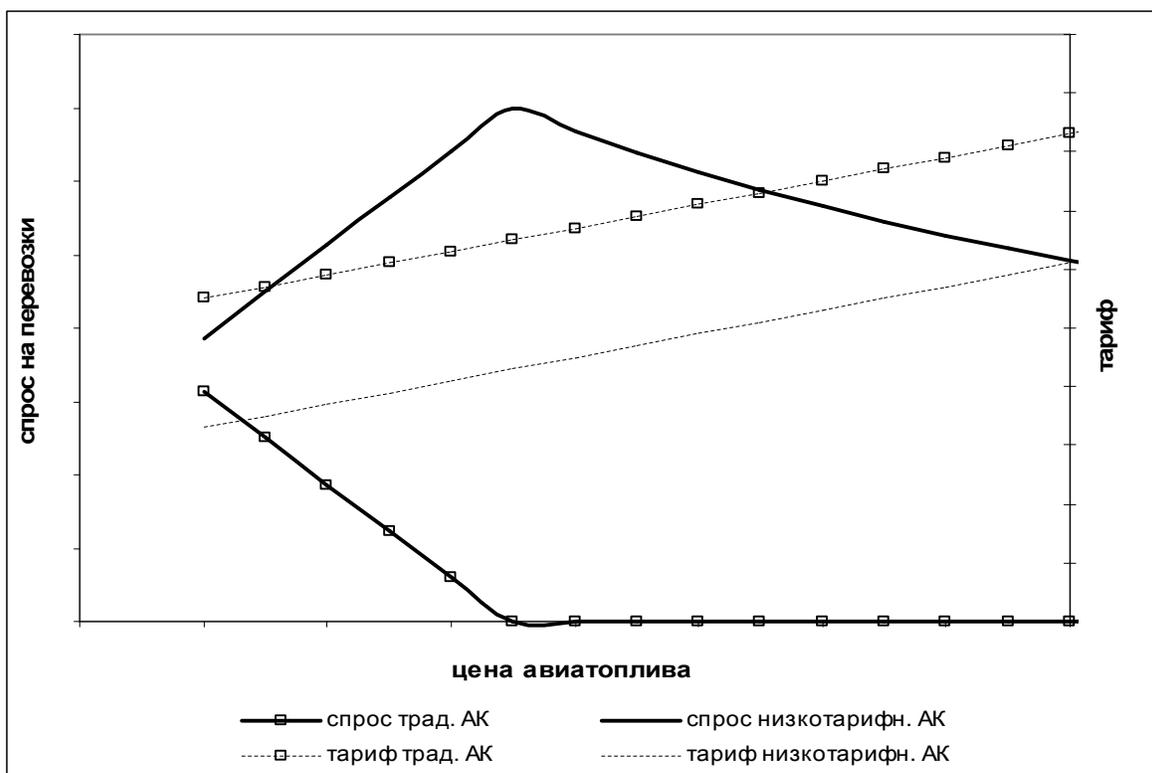


Рис. 5.1. Зависимость спроса на услуги низкотарифных и традиционных авиакомпаний от цены авиатоплива

Этот эффект весьма важен в свете вопроса о стимулах к кооперации перед лицом общих проблем. Целесообразно рассматривать описанный эффект с позиций эволюционной экономической теории. Согласно современной биологической теории эволюции, в ходе естественного отбора побеждает не абстрактно «сильнейший», а участник, наиболее приспособленный к условиям внешней среды. Обобщая разнородные примеры, можно сделать следующее наблюдение: вначале при ухудшении условий работы более приспособленный к нему игрок может даже выигрывать за счет перераспределения выигрыша (доли рынка и др.) в его пользу, но затем – возможно, уже вытеснив конкурентов – начинает ощущать сокращение собственного выигрыша.

Описанная проблема приобретает особую актуальность в контексте определения приоритетов инновационного развития (в т.ч. на национальном уровне). Оно может быть направлено на улучшение общих условий, а не на конкурентную борьбу. Например, производители транспортных средств и энергетического оборудования, вместо того, чтобы повышать экономичность лишь собственной продукции, могут попытаться разработать методы получения дешевого и доступного топлива, в т.ч. из возобновляемых и экологически безопасных источников¹. Повышение доступности топлива будет более существенным при совместных усилиях, если в новые технологии инвестируют многие производители. Однако нет никакой гарантии, что производителю более экономичных изделий (т.е. более приспособленному игроку) будет выгоднее инвестировать в разработку более доступного топлива, чем в повышение экономичности собственной продукции.

В конечном счете, необходимо получить условия, при которых участники инновационного развития будут более заинтересованы в улучшении общих условий работы, чем в повышении собственной приспособленности к неблагоприятным условиям. Такой анализ был предпринят совместно с Е.А. Болбот. Известен ряд исследований, весьма близких в идейном смысле к данной

¹ При этом, как говорилось в главе 4, путь, представлявшийся наиболее реалистичным – получение топлива из биомассы – чреват целым рядом отрицательных внешних эффектов (подробнее см. [6, 130]). И даже с экологической и энергетической точек зрения его эффективность небесспорна. Однако это не умаляет актуальности дальнейшего поиска возобновляемых источников экологически чистого топлива.

работе. Так, авторы работы [45] развили общую теорию *игр на выбывание*, в которых участники на каждом шаге могут выбрать мирное сосуществование или борьбу против того или иного конкурента. В отличие от описанной, постановка задачи, решаемой в данной главе – принципиально иная. Во-первых, здесь участники могут выбирать улучшение общих условий или своей индивидуальной приспособленности к неблагоприятным условиям. Целенаправленных действий во вред окружающим, тем более – определенному игроку – не предполагается, как и пассивного мирного сосуществования. Во-вторых, в отличие от абстрактного представления вероятности поражения выбранного противника (что характерно для простейших моделей боевых действий, например, модели Ланкастера), здесь рассматриваются вполне конкретные варианты инновационной политики каждого игрока и механизмы ее воздействия на других игроков.

5.2. УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ КОНКУРЕНЦИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ОБЛАДАЮЩИХ РАЗЛИЧНЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ

В качестве примера рассмотрим наукоемкие отрасли, выпускающие сложную фондообразующую продукцию (например, транспортные средства, станки, энергетическое оборудование и т.п.), с помощью которой производятся конечные потребительские блага (например, перевозки, электро- и теплоэнергия, иные потребительские товары и услуги). Для упрощения анализа производители оборудования и выпускаемых с его помощью конечных благ (например, авиастроительные предприятия и авиакомпании, производители энергетического оборудования и энергетические компании) рассматриваются в данной модели как единое целое, как участники вертикально интегрированной структуры (хотя на практике, как и в приводимых примерах, такая интеграция может не наблюдаться).

Рассмотрим взаимодействие двух таких вертикально интегрированных производителей – A и B . Сначала, на стадии НИР, они разрабатывают новое поколение оборудования, а затем приступают к его производству и эксплуатации. Пусть конечные блага, производимые A и B , однородны, и продаются по единой цене p , зависящей от суммарного предложения конечных благ $q^\Sigma = q^A + q^B$. Предположим для простоты, что обратная функция спроса на производимую конечную продукцию – линейная:

$$p(q^\Sigma) = a - b \cdot q^\Sigma,$$

где $a = p(0)$ – запретительная цена;

b – параметр, характеризующий емкость рынка (она может быть оценена как $q|_{p=0} = \frac{a}{b}$).

Предположим, что в период продажи продукции на рынке реализуется модель дуополии Курно. Это означает, что, оптимизируя свою политику, каждый игрок не учитывает возможной реакции конкурента (хотя она, разумеется, последует). Для простоты выкладок будем считать функции затрат на производство конечных благ линейными. Однако, в отличие от простейшей модели дуополии Курно, учтем, что себестоимость производства конечных благ у конкурентов неодинакова по причине различия используемых технологий. Введем следующие обозначения:

g^A, g^B – значения удельного расхода ресурсов на единицу конечного блага (например, граммов топлива на пассажиро-километр или киловатт-час) у производителей A и B ;

$P_{\text{рес}}$ – цена используемых общих ресурсов;

$c_{\text{экспл}}^A, c_{\text{экспл}}^B$ – значения прочих (не связанных с потреблением ресурсов) удельных затрат на эксплуатацию оборудования производителей A и B ;

$c_{\text{произв}}^A, c_{\text{произв}}^B$ – значения удельных (в расчете на единицу конечных благ) затрат на производство оборудования производителей A и B .

Тогда суммарные затраты на производство единицы конечных благ можно представить следующим образом:

$$c^i = c_{\text{произв}}^i + c_{\text{экспл}}^i + p_{\text{рес}} \cdot g^i, \quad i = A, B. \quad (5.1)$$

Строго говоря, это суммарные средние переменные затраты как производителей фондообразующих изделий, так и производителей конечных благ. Соответственно, разность выручки от продажи конечных благ и суммарных затрат на их производство составит суммарную прибыль участников вышеописанных вертикально интегрированных структур. Будем считать, что производители А и В максимизируют соответствующие суммарные прибыли, управляя объемами выпуска конечных благ¹.

Поскольку здесь считается, что удельные затраты на производство конечных благ не зависят от их выпуска (хотя и состоят из нескольких сложных слагаемых), дальнейший анализ аналогичен анализу простейшей модели дуополии Курно. Найдем, например, прибыль производителя А при заданных выпусках продукции обоих игроков:

$$\Pi^A = q^A \cdot p(q^A, q^B) - c^A \cdot q^A - FC^A = (a - b \cdot (q^A + q^B) - c^A) \cdot q^A - FC^A,$$

где FC^A - постоянные затраты производителя А за отчетный период. Аналогичные постоянные затраты FC^B несет и его конкурент. Эти постоянные затраты не связаны с объемами выпуска конечных благ и необходимого для этого оборудования – прежде всего, это именно затраты на НИОКР (распределенные на весь ЖЦИ данного поколения изделий).

Необходимое условие максимума прибыли производителя А имеет следующий вид:

$$0 = \frac{\partial \Pi^A}{\partial q^A} = \frac{\partial}{\partial q^A} \left[(a - b \cdot q^B - c^A) \cdot q^A - b \cdot (q^A)^2 \right] = a - b \cdot q^B - c^A - 2b \cdot q^A$$

(согласно предпосылкам модели Курно, игрок, максимизируя свою прибыль, не предполагает реакции конкурентов, поэтому $\frac{\partial q^B}{\partial q^A} = 0$). Отсюда следует, что оптимальный выпуск производителя А при заданном выпуске производителя В выражается следующей формулой:

$$q^A = \frac{a - c^A}{2b} - \frac{1}{2} q^B. \quad (5.2)$$

Аналогично можно показать, что оптимальный выпуск производителя В при заданном выпуске производителя А выражается следующим образом:

$$q^B = \frac{a - c^B}{2b} - \frac{1}{2} q^A. \quad (5.3)$$

Процесс установления равновесия в модели дуополии Курно может рассматриваться как бесконечная многошаговая динамическая игра: сначала производитель В определяет свой оптимальный выпуск при заданном выпуске производителя А, на следующем шаге производитель А дает свой оптимальный ответ на предыдущий ход конкурента, и т.п. Как показано в ряде работ [79], вне зависимости от начальных условий, выпуски будут стремиться к равновесным значениям. Их можно определить, рассматривая уравнения реакции (5.2, 5.3) как систему алгебраических уравнений, в которой неизвестные выпуски принимают равновесные значения. Таким образом, равновесные выпуски конечных благ, производимых А и В, примут следующие значения:

$$q_*^A = \frac{a + c^B - 2c^A}{3b};$$

$$q_*^B = \frac{a + c^A - 2c^B}{3b}.$$

¹ Строго говоря, разработчики и производители оборудования определяют лишь выпуск фондообразующей продукции, но при заданной производительности оборудования, он однозначно определяет и выпуск конечных благ.

Совокупный выпуск конечных благ в равновесии будет равен сумме выпусков конкурентов:

$$q_*^\Sigma = q_*^A + q_*^B = \frac{a + c^B - 2c^A + a + c^A - 2c^B}{3b} = \frac{2a - c^A - c^B}{3b}.$$

Согласно обратной функции спроса, равновесная цена конечных благ установится на следующем уровне:

$$p_* = a - b \cdot q_*^\Sigma = a - b \cdot \frac{2a - c^A - c^B}{3b} = \frac{a + c^A + c^B}{3}. \quad (5.4)$$

В силу линейности функций затрат, для оценивания равновесных значений прибыли участников удобно сначала вычислить удельную (маржинальную) прибыль с единицы конечной продукции:

$$\pi_*^A = p_* - c^A = \frac{a + c^A + c^B}{3} - c^A = \frac{a - 2c^A + c^B}{3}; \quad \pi_*^B = p_* - c^B = \frac{a + c^A + c^B}{3} - c^B = \frac{a - 2c^B + c^A}{3}.$$

Умножив эти величины на равновесные выпуски, получим равновесные значения прибыли конкурентов:

$$\Pi_*^A = \pi_*^A \cdot q_*^A - FC^A = \frac{a - 2c^A + c^B}{3} \cdot \frac{a + c^B - 2c^A}{3b} - FC^A = \frac{(a + c^B - 2c^A)^2}{9b} - FC^A; \quad (5.5)$$

$$\Pi_*^B = \pi_*^B \cdot q_*^B - FC^B = \frac{a - 2c^B + c^A}{3} \cdot \frac{a + c^A - 2c^B}{3b} - FC^B = \frac{(a + c^A - 2c^B)^2}{9b} - FC^B. \quad (5.6)$$

Примечательно, что выражение, возводимое в квадрат в числителе первого слагаемого формул прибыли (5.5, 5.6), можно представить в следующем виде:

$$a + c^j - 2c^i = a + (c^j - c^i) - c^i, \quad (5.7)$$

где i - индекс данного производителя, j - индекс его конкурента. Рост этого выражения всегда означает и рост прибыли.

Подчеркнем, что постоянные затраты производителей не влияют на оптимальные объемы выпуска и равновесную цену, если только обеспечивается безубыточная работа обоих участников. Однако они влияют, наряду со средними переменными затратами, на условие безубыточности. Если равновесная прибыль i -го производителя будет отрицательной ($\Pi_*^i < 0$), данный производитель будет терпеть убытки и уйдет с рынка, а его конкурент j останется монополистом. Это произойдет, если выполняется следующее неравенство:

$$\frac{(a + c^j - 2c^i)^2}{9b} - FC^i < 0,$$

или

$$a + c^j - 2c^i < 3\sqrt{b \cdot FC^i}. \quad (5.8)$$

Какой производитель первым будет вынужден уйти с рынка – A или B ? Если, например, при данных условиях (прежде всего, ценах ресурсов) одновременно $a + c^B - 2c^A > 3\sqrt{b \cdot FC^A}$ и $a + c^A - 2c^B = 3\sqrt{b \cdot FC^B}$, тогда первым достигнет порога безубыточности производитель B . Такое сочетание условий достигается при выполнении следующего неравенства (оно получено вычитанием второго условия из первого): $c^B - c^A > \sqrt{b} \cdot (\sqrt{FC^A} - \sqrt{FC^B})$.

Заметим, что уйти с рынка первым может и тот производитель, у которого средние переменные затраты ниже, чем у конкурента – по причине высоких постоянных издержек. В то же время, влияние

на безубыточность находящихся под знаком корня постоянных затрат (связанных с инновационными разработками, нацеленными на сокращение средних переменных издержек) слабее, чем влияние средних переменных затрат. Т.е., например, если сокращение средних переменных затрат, приходящихся на единицу продукции, на 10% потребует роста постоянных издержек на 10%, такое решение, вероятнее всего, будет эффективным (что уже обсуждалось в п. 3.2).

Монополист, оставшийся на рынке, единолично удовлетворяет весь рыночный спрос ($q^{\Sigma} = q^j$), и его прибыль зависит от уровня выпуска следующим образом:

$$\Pi^j = q^j \cdot p(q^j) - c^j \cdot q^j - FC^j = (a - b \cdot q^j - c^j) \cdot q^j - FC^j.$$

Необходимое условие максимума прибыли производителя-монополиста имеет следующий вид:

$$0 = \frac{\partial \Pi^j}{\partial q^j} = \frac{\partial}{\partial q^j} \left[(a - c^j) \cdot q^j - b \cdot (q^j)^2 \right] = a - c^j - 2b \cdot q^j.$$

Отсюда следует, что оптимальный выпуск производителя-монополиста выражается следующим образом:

$$q_{\text{мон}}^j = \frac{a - c^j}{2b}.$$

При таком выпуске установится следующая равновесная цена:

$$p_{\text{мон}}^j = a - b \cdot q_{\text{мон}}^j = a - b \cdot \frac{a - c^j}{2b} = \frac{a + c^j}{2}.$$

Тогда маржинальная прибыль с единицы продукции монополиста $\pi_{\text{мон}}^j$ составит $p_{\text{мон}}^j - c^j = \frac{a + c^j}{2} - c^j = \frac{a - c^j}{2}$, а общая величина прибыли производителя-монополиста примет следующий вид:

$$\Pi_{\text{мон}}^j = \pi_{\text{мон}}^j \cdot q_{\text{мон}}^j - FC^j = \frac{a - c^j}{2} \cdot \frac{a - c^j}{2b} - FC^j = \frac{(a - c^j)^2}{4b} - FC^j. \quad (5.9)$$

Разумеется, если $a < c^j + 2\sqrt{b \cdot FC^j}$, даже в монопольном положении работа данного производителя является убыточной, и он также покинет рынок, вслед за своим конкурентом.

Особенно важно подчеркнуть, что даже в том случае, если уходит с рынка чрезвычайно неэффективный (в части удельного расхода ресурсов) производитель, не следует ожидать снижения цены. Чтобы убедиться в этом, найдем изменение равновесной цены после ухода с рынка одного из конкурентов:

$$\Delta p = p_{\text{мон}}^j - p_* = \frac{a + c^j}{2} - \frac{a + c^i + c^j}{3} = \frac{a + c^j - 2c^i}{6}.$$

Заметим, что выражение в числителе в момент ухода i -го производителя с рынка находилось на следующем уровне (см. условие (5.8)): $a + c^j - 2c^i = 3\sqrt{b \cdot FC^i}$. Таким образом, при уходе с рынка i -го производителя будет наблюдаться следующий скачок цен:

$$\Delta p = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{b \cdot FC^i}.$$

Он заведомо неотрицателен, и тем выше, чем больше были постоянные издержки покидающего рынок конкурента. Следовательно, не следует рассчитывать на снижение цен при уходе неэффективных производителей с рынка – по крайней мере, в рамках данной модели. И монополизация рынка заведомо невыгодна потребителям. В то же время, на конкурентном рынке цены стремятся к предельным издержкам, и вывод из эксплуатации неэкономичного оборудования

вследствие удорожания ресурсов может привести даже к снижению тарифов на конечные блага. Подробнее этот эффект применительно к рынкам авиаперевозок и гражданской авиатехники проанализирован в работе [64]: показано, что удорожание авиатоплива может вызвать ускоренное списание неэкономичных воздушных судов старого поколения, и тарифы в долгосрочной перспективе могут снизиться. Й. Шумпетер называл такой процесс ускоренного обновления технологий при ужесточении внешних условий «созидательным разрушением». Разумеется, о «созидательности» можно говорить только в том случае, если в долгосрочной перспективе, несмотря на ужесточение условий, благосостояние потребителей возрастет.

5.3. МОДЕЛЬ ВЫБОРА МЕЖДУ КОНКУРЕНТНЫМ ПРЕИМУЩЕСТВОМ И УЛУЧШЕНИЕМ ОБЩИХ УСЛОВИЙ

Анализ поведения правой части выражения (5.7) показывает следующее. Прибыль растет не только при сокращении собственных затрат данного производителя c^i , но также и при увеличении конкурентного преимущества, выражаемого разностью $(c^j - c^i)$. Какое направление инновационного развития наиболее привлекательно для игроков, и при каких условиях – центральный вопрос этой работы. Для упрощения анализа будем считать, что изменение параметров функции спроса (a и b) – вне пределов возможностей производителей A и B , и в своей инновационной политике они могут влиять только на уровень затрат. Тогда изменение прибыли i -го игрока однозначно определяется изменением рассмотренного выше выражения $(a + c^j - 2c^i)$. Вернемся к более подробному представлению средних переменных затрат на производство конечных благ, приведенному в формуле (5.1):

$$a + c^j - 2c^i = a + c_{\text{произв}}^i + c_{\text{экспл}}^j + p_{\text{рес}} \cdot g^j - 2(c_{\text{произв}}^i + c_{\text{экспл}}^i + p_{\text{рес}} \cdot g^i).$$

Инновационные разработки могут быть нацелены и на снижение производственных затрат $c_{\text{произв}}^i$, и на сокращение прочих, не связанных с потреблением ресурсов, составляющих затрат на эксплуатацию оборудования $c_{\text{экспл}}^i$. Однако здесь основное внимание уделяется инновационным проектам, нацеленным на снижение расходов, связанных с потреблением ресурсов. Во многих отраслях именно эта статья затрат стала в последние годы преобладающей (топливные затраты на транспорте, в энергетике и т.п.). Ограниченность природных ресурсов¹ становится одним из главных препятствий на пути экономического развития во всем мире. Кроме того, именно в потреблении общих ресурсов наиболее сильно проявляется взаимозависимость игроков, определяющая наличие общих интересов. Наиболее очевидный путь снижения соответствующих затрат – сокращение удельного расхода ресурсов g^i . Что касается цены ресурсов $p_{\text{рес}}$, она также может снижаться благодаря разработкам, направленным на повышение доступности ресурсов, поиску их новых, в т.ч. возобновляемых источников и т.п. (по классификации, введенной в главе 4 – инновации типа IV). Снижение цены ресурсов, достигнутое в результате усилий данного производителя, выступает как внешний эффект для его конкурента – необязательно положительный, как будет показано ниже.

На стадии НИР каждый игрок выбирает наиболее выгодное для себя направление инвестиций – в снижение потребления ресурсов собственным оборудованием, либо в снижение цены ресурсов, общей для обоих игроков. Принимая решение, на стадии НИР игроки также не рассматривают возможные ответные действия партнера, как и предполагается в моделях олигополии Курно. Также предположим, что действия, нацеленные на снижение потребления ресурсов или их цены, носят необратимый характер, т.е., например, если однажды удалось сократить цену ресурсов до определенного уровня, далее она не может повыситься, даже если бы какому-то игроку это показалось выгодным.

В соответствующих формулах явным образом выделим затраты, связанные с потреблением ресурсов, а все прочие составляющие производственных и эксплуатационных расходов представим в агрегированном виде:

¹ Причем, ресурсы здесь следует понимать расширенно – не только собственно природные ресурсы, но и способности окружающей среды перерабатывать антропогенные отходы.

$$a + c^j - 2c^i = a + \Delta c^j - 2\Delta c^i + p_{\text{рес}} \cdot (g^j - 2g^i). \quad (5.10)$$

Как было показано выше, увеличение этого выражения однозначно приводит к росту прибыли i -го игрока. И если снижение удельного расхода ресурсов однозначно выгодно, то удешевление ресурсов оказывает на уровень прибыли неоднозначное влияние. Как видно из последней формулы, если $2g^i < g^j$, или $g^i < \frac{g^j}{2}$, т.е. i -й игрок имеет, по меньшей мере, двукратное преимущество в экономичности продукции перед конкурентом, ему вообще невыгодно снижение цены ресурсов. Это, на первый взгляд, парадоксальное следствие естественным образом объясняется, если принять во внимание формулу (5.7). Конкурентное преимущество (т.е. лучшая приспособленность к внешним условиям – в данном случае, к высокой цене ресурсов) может быть столь велико, что игроку выгоднее ухудшение этих условий. Его выигрыш в конкурентной борьбе выше потерь из-за ухудшения условий. Примеры аналогичных эффектов в других областях приведены в начале данной главы, а также будут встречаться в последующих разделах книги. Этот эффект, проявляющийся на определенном этапе технологического развития той или иной отрасли, можно назвать «ловушкой лидерства» или конкурентного преимущества.

Разумеется, конкретный уровень порогового конкурентного преимущества ($g^i < \frac{g^j}{2}$) определяется принятой в данной работе спецификацией простейшей модели дуополии Курно. Однако и при других, например, нелинейных функциях спроса и затрат, но обладающих теми же качественными особенностями, выводы из анализа данной модели сохраняют силу. Т.е. ее можно рассматривать как «мягкую» экономико-математическую модель, см. [7], адекватно отражающую реальный эффект, описанный в начале данной главы. Простейшая модель дуополии Курно выбрана из соображений простоты и наглядности, чтобы акцентировать внимание на принципиальной стороне вопроса.

Описанные выше отличия постановки задачи от той, что рассматривается в теории игр на выбывание, приводят к тому, что различаются и качественные выводы. В работе [45] показано, что «для двух игроков, если величина приза для единственного победителя больше суммарного приза для двоих в случае мирного сосуществования, то ни при каких параметрах мирное сосуществование невозможно». В нашей работе показано, что существует пороговый уровень превосходства над конкурентами (причем, оно может быть менее, чем двукратным), при котором «эгоистическая» стратегия (повышение собственной приспособленности к жестким условиям) становится выгоднее улучшения общих условий. Анализ реального распределения инвестиций между различными целями инновационного развития в таких отраслях, как энергетическое и транспортное машиностроение, подтверждает существование данного феномена, названного здесь «ловушкой лидерства».

Итак, если конкурентное преимущество данного игрока превосходит определенный порог, ему может быть заведомо невыгодно улучшение общих условий – он получает выигрыш за счет гораздо лучшей приспособленности к неблагоприятным условиям. Однако и при меньшем различии уровня экономичности повышение доступности общих ресурсов необязательно будет выгоднее для данного игрока, чем повышение экономичности собственных изделий. Выбирая направления инновационного развития, участники соотносят потребные затраты и выгоды. Предположим, что сокращение удельного расхода ресурсов на 1% требует от i -го игрока затрат в размере r_{g^i} , а сокращение цены ресурсов на 1% - затрат $r_{p_{\text{рес}}}$. Сокращение цены ресурсов на 1% снижает¹ произведение $\left[p_{\text{рес}} \cdot (g^j - 2g^i) \right]$ ровно на 1%, тогда как сокращение на 1% удельного расхода ресурсов сокращает то же самое произведение на следующую величину (в относительном выражении):

¹ При условии $g^i > \frac{g^j}{2}$ - в противном случае, как показано выше, удешевление ресурсов заведомо невыгодно i -му участнику.

$$\frac{\partial(g^j - 2g^i)}{\partial g^i} \cdot \frac{g^i}{g^j - 2g^i} = \frac{-2g^i}{g^j - 2g^i} = \frac{2g^i}{2g^i - g^j} \% > 1\%,$$

причем, по мере приближения g^i к $\frac{g^j}{2}$, эта величина неограниченно возрастает. Т.е. при равных значениях r_{g^i} и $r_{рес}$ инвестиции в повышение доступности ресурсов также заведомо менее выгодны, чем инвестиции в повышение экономичности собственных изделий¹. Инвестиции ради общего блага становятся эффективнее «эгоистического» повышения экономичности собственных изделий лишь при выполнении следующего соотношения:

$$\frac{r_{g^i}}{r_{рес}} > \frac{2g^i}{2g^i - g^j}, \quad (5.11)$$

или

$$\frac{g^i}{g^j} > \frac{r_{g^i}}{2(r_{g^i} - r_{рес})}.$$

Заметим, что этот пороговый уровень отношения $\frac{g^i}{g^j}$ заведомо выше $\frac{1}{2}$ - порогового уровня, вытекающего из формулы (5.10). Т.е. последнее условие является более мягким. И для того, чтобы игрок выбрал «эгоистическую» стратегию инновационного развития, ему необязательно обладать двукратным преимуществом перед конкурентом в удельном расходе ресурсов. Более того, пороговое отношение $\frac{g^i}{g^j}$ может быть более 1, т.е. и менее приспособленный к высокой цене ресурсов игрок может быть заинтересован, скорее, в повышении экономичности собственной продукции, чем в удешевлении общих ресурсов.

Если же i -й производитель останется на рынке монополистом, член в формуле прибыли (5.9), соответствующий затратам на ресурсы, примет вид произведения $(p_{рес} \cdot g^i)$. В этих условиях снижение на 1% удельного расхода ресурсов и их цены принесет одинаковый эффект, и наиболее выгодным направлением инновационного развития будет самое «дешевое». Если, например, $r_{рес} < r_{g^i}$, монополист сосредоточит свои усилия на повышении доступности ресурсов. Поскольку это условие – менее жесткое, чем условие (5.11), при прочих равных больше вероятность того, что монополист, а не конкурирующие производители, сосредоточит свои усилия на повышении доступности ресурсов, а не на повышении экономичности лишь своих изделий. Этот вывод хорошо согласуется с логическим объяснением изучаемых в данной главе эффектов: монополист уже не может получать выигрыш от лучшей, чем у конкурентов, приспособленности к неблагоприятным условиям, поскольку конкуренты исчезли. Теперь эти условия являются для него самого однозначно неблагоприятным фактором. Однако осознание этого факта может произойти слишком поздно, по следующим причинам:

- инновационные исследования и разработки, нацеленные на улучшение условий, могут быть длительными;
- ухудшение условий может носить необратимый характер, и за тот период, пока оно представлялось лидеру даже выгодным, может привести к непоправимым последствиям.

Поэтому государству придется принимать на себя функции долгосрочного стратегического планирования инновационных разработок, восполняя эгоистическую «близорукость» частного

¹ Разумеется, мы предполагаем, что ожидаемый прирост прибыли выше потребных затрат на повышение экономичности оборудования или снижение цены ресурсов – иначе соответствующие проекты инновационного развития являются невыгодными в абсолютном, а не в сравнительном отношении.

сектора. В то же время, государственное регулирование в реальности может проводиться далеко не идеальным образом, причем, по объективным экономическим причинам, см., например, [50]. Существуют ли рыночные силы или иные, не связанные с государственным вмешательством механизмы, способствующие преодолению «ловушки лидерства»?

В реальности эффективность затрат на инновационные разработки непостоянна. По мере развития технологий, плата за снижение на 1% цены ресурсов или их удельного расхода будет изменяться, причем, неодинаковыми темпами. Прежде всего, в силу объективных закономерностей технологического развития, могут существовать некоторые уровни насыщения, к которым будут стремиться указанные технико-экономические параметры даже при неограниченном объеме инвестиций в НИР. Эта особенность упрощенно описывается S-образными кривыми, описанными в п. 1.3. И если сначала, в силу большей эффективности, основное внимание уделялось снижению удельного расхода ресурсов, то к определенному моменту резервы его дальнейшего снижения могут быть практически исчерпаны. С экономической точки зрения это означает выполнение неравенства $r_{g^i} \gg r_{p_{рес}}$. Тогда производители, в соответствии с условием (5.11), будут вынуждены обратить внимание и на возможность удешевления общих ресурсов, которая вначале казалась непривлекательной. Таким образом, объективная динамика технологического развития может способствовать выходу из «ловушки лидерства» и осознанию общих интересов.

Также мощным стимулом к осознанию общих интересов является значительное ухудшение общих условий. Вспомним (см. рис. 5.1), что по достижении определенного порога жесткости этих условий, лидер (т.е. наиболее приспособленный игрок) также терпит ущерб. В отличие от рассмотренной выше упрощенной модели, цены ресурсов могут возрасти по причине их исчерпания, с чем и сталкиваются многие отрасли экономики. В работе [123] было показано, что конкуренция за дефицитные невозобновляемые ресурсы (например, ископаемое топливо) вполне может способствовать их прогрессирующему исчерпанию и удорожанию. Упрощение согласования интересов при ухудшении условий глубоко изучено, в частности, в работах Э. Острём, нобелевского лауреата 2009 г. Можно утверждать, что в ряде отраслей к настоящему моменту уже сложилось такое положение дел. Так, например, в выступлении перед членами Национальной академии наук США 27 апреля 2009 г. президент Б. Обама провозгласил в качестве стратегического приоритета инновационного развития страны не столько ресурсосбережение, сколько разработку технологий получения общедоступной энергии без ущерба для окружающей среды [138]. Это, как показано в данной работе, служит общим интересам всех стран мира, а не удержанию конкурентного преимущества лидеров технологического развития.

Интересно заметить в этой связи, что, вопреки распространенному стереотипу, странам-импортерам энергоресурсов может быть выгодно их удорожание. Если это промышленно развитые страны, специализирующиеся на выпуске машин и оборудования, причем, существенно более экономичных, чем у других производителей, как показывает представленная здесь модель, удорожание энергоресурсов приносит им выигрыш на рынке основной экспортной продукции, и соответствующий прирост доходов превысит ущерб. Фактически, это и имеет место применительно к таким странам, как США, Япония и Южная Корея, наиболее развитые страны ЕС.

Помимо учета интересов самих производителей, которые состоят в максимизации прибыли, необходимо оценить изменение благосостояния потребителей конечных благ. Повышение благосостояния потребителей должно быть одной из главных целей государственной политики регулирования инновационного развития. Поскольку цена и объем реализации конечных благ связаны взаимно однозначной зависимостью – функцией спроса – достаточно будет сравнить изменение цены, достигаемое при тех или иных приоритетах инновационного развития. Итак, изначально в равновесии Курно цена принимала следующее значение (см. формулу (5.4)):

$$p_* = \frac{a + c^i + c^j}{3} = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + p_{рес} \cdot (g^i + g^j)}{3}. \quad (5.12)$$

Сравним изменение равновесной цены конечных благ в двух ранее рассмотренных случаях – когда игроки инвестируют в повышение доступности общих ресурсов, и когда каждый игрок предпочитает сократить удельное потребление ресурсов. Если удельное потребление ресурсов i -м игроком снижается на 1%, равновесная цена конечных благ снизится до следующего уровня:

$$p'_* = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + p_{\text{рес}} \cdot (0,99g^i + g^j)}{3},$$

тогда как при снижении цены ресурсов на 1% она сократилась бы более существенно:

$$p''_* = \frac{a + \Delta c^i + \Delta c^j + 0,99p_{\text{рес}} \cdot (g^i + g^j)}{3}.$$

Заметим, что аналогичного удешевления конечных благ удалось бы достичь, только если бы оба игрока, а не один, добились снижения удельного расхода ресурсов на 1%. Вспомним ранее полученный результат: i -й игрок предпочтет снизить именно собственный удельный расход ресурсов, если на данный момент его оборудование значительно экономичнее, чем у конкурента. Поскольку $g^i < g^j$, дальнейшее повышение экономичности и без того достаточно экономичного оборудования окажет меньшее влияние на цену конечных благ, чем аналогичное снижение удельного расхода ресурсов игроком-аутсайдером j .

Следовательно, для конечных потребителей предпочтительнее удешевление ресурсов, чем сравнимое (в относительном выражении) снижение их удельного расхода каким-либо из конкурентов. Кроме того, как показано в главе 4, несмотря на кажущуюся идентичность, повышение доступности ресурсов и снижение их удельного потребления могут иметь принципиально разные последствия на макроуровне. Повышение экономичности продукции сопряжено с некоторыми системными рисками. Прежде всего, может проявиться эффект рикошета: несмотря на снижение удельного расхода ресурсов, их совокупное потребление может возрасти, т.е. реальный эффект таких инноваций может быть противоположным ожидаемому. Это может, в свою очередь, вызвать отрицательные внешние эффекты в других отраслях, использующих те же виды ресурсов, подробнее см. главу 4. Повышение доступности этих ресурсов (при соблюдении экологических требований) лишено описанных недостатков.

Рассмотрим в качестве примера перспективы инновационного развития гражданского авиастроения и воздушного транспорта. Для этих отраслей чрезвычайно актуально снижение удельного расхода авиатоплива и затрат на топливо, а также объема соответствующих вредных выбросов. Пусть параметры функции спроса на конечные блага (в данном случае – авиаперевозки) принимают следующие значения: $a = 0,07$; $b = 10^{-13}$. Такие значения подобраны в результате калибровки по реалистичным значениям годового пассажирооборота мировой гражданской авиации (в пасс.-км.) и среднего тарифа (в долл./пасс.-км.). В таблице 5.1 приведены параметры, определяющие затраты конкурирующих производителей на производство конечных благ (постоянные издержки для упрощения примера не учитываются).

Таблица 5.1

Параметры функций затрат конкурирующих производителей гражданской авиатехники (пример)

Производитель	A	B
$c_{\text{произв}}$, долл./пасс.-км.	0,015	0,01
$c_{\text{экспл}}$, долл./пасс.-км.	0,01	0,01
g , г/пасс.-км.	20	35

Удельный расход топлива изделий производителя B соответствует таковому для старого поколения советской гражданской авиатехники, а удельный расход изделий A – уровню современных пассажирских самолетов, см. [64, 69, 119]. Однако более экономичная техника, при прочих равных, как правило, дороже в разработке и производстве, поэтому $c_{\text{произв}}^A > c_{\text{произв}}^B$.

На рис. 5.2 сплошными маркированными линиями изображены рассчитанные по формулам (5.5-5.7, 5.9, 5.10) зависимости прибыли обоих производителей (в млрд долл./г) от цены используемых ресурсов (в данном случае, авиатоплива). Начиная с определенного значения этой цены, более экономичная техника приносит при удорожании ресурсов выигрыш своему производителю, а игрок B при некотором пороговом значении цены ресурсов вообще вынужден будет покинуть рынок. По

вспомогательной оси ординат отображается тариф на конечные услуги (сплошная немаркированная линия), полученный по формуле (5.12).

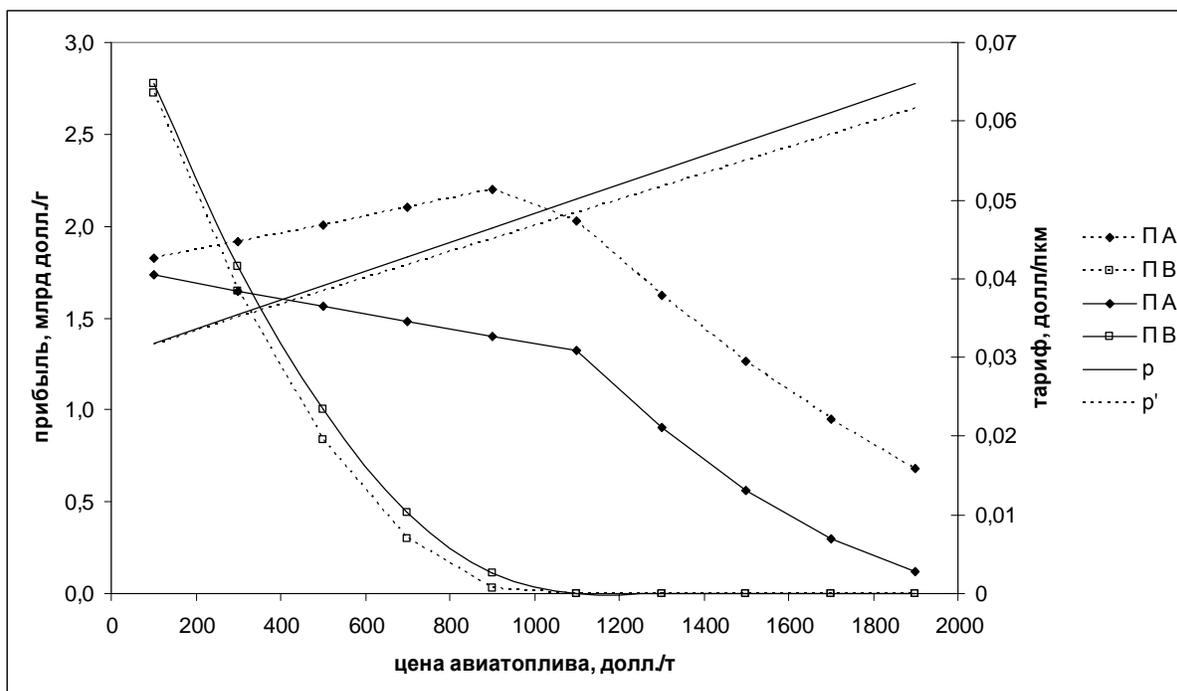


Рис. 5.2. Сравнение эффективности альтернативных путей инновационного развития (пример)

Условные обозначения:

$П A, П B$ – исходные значения прибыли производителей A и B ;

$П A', П B'$ – значения прибыли производителей A и B после сокращения удельного расхода топлива изделиями производителя B ;

r, r' – значения тарифа до и после сокращения удельного расхода топлива изделиями производителя B .

Особо подчеркнем: этот пример (как и обсуждаемая модель) посвящен не влиянию цены авиатоплива на прибыли авиастроительных компаний и перевозчиков, а сравнению альтернативных путей инновационного развития авиастроения. В числе этих путей, наряду с повышением топливной экономичности воздушных судов – переход на более дешевое топливо (что, вероятно, потребует разработки эффективных и безопасных технологий его массового производства). Т.е. цена авиатоплива здесь рассматривается не как экзогенный фактор риска (что характерно для большинства работ по экономике воздушного транспорта, см., например, [72, 80]), а как управляемый в долгосрочной перспективе параметр, подвластный изменению в некоторых пределах со стороны того или иного производителя.

Если производитель A повысит (по сравнению с исходным уровнем) экономичность своих изделий до $g^A = 15$ г/пасс.-км., т.е. на 25% (что считается на данном этапе развития авиационных технологий весьма радикальным улучшением, однако такой уровень целевых показателей будущего поколения пассажирских самолетов заложен, например, в плановом документе [135]), он уже приобретет более чем двукратное преимущество перед игроком B . Графики прибылей игроков и тарифа после повышения экономичности изделий A изображены на том же рис. 5.2, но пунктирными линиями (соответствующие показатели помечены штрихом).

Сравнение графиков до и после повышения экономичности изделий A показывает следующее. Прежде всего, можно заметить, что после повышения топливной экономичности изделий зависимость прибыли производителя A от цены авиатоплива становится немонотонной: вплоть до

ухода конкурента с рынка, игрок *A* получает выигрыш от удорожания топлива. Поскольку производитель *A* теперь приобрел более чем двукратное превосходство над конкурентом ($15 \frac{\text{г.}}{\text{пасс.-км.}} < \frac{35}{2} \frac{\text{г.}}{\text{пасс.-км.}}$), в полном согласии с вышеизложенной моделью, теперь ему в определенном диапазоне цен вообще невыгодно удешевление авиатоплива. Но и до того, как его преимущество стало подавляющим, ему было гораздо выгоднее (при сопоставимых затратах в расчете на 1%-е улучшение) повышать экономичность собственных изделий, чем заботиться об общих интересах, стремясь к удешевлению топлива. Например, при цене авиатоплива, равной 900 долл./т, снижение удельного расхода на четверть принесло ему прирост прибыли почти на 57%, тогда как удешевление авиатоплива – даже втрое, т.е. до 300 долл./т – повысит прибыль лишь на 18%, см. рис. 5.2.

Особое внимание следует обратить на удовлетворение интересов потребителей. Несмотря на существенное повышение прибыли производителя *A*, снижение удельного расхода топлива его изделиями слабо отразилось на уровне тарифов (сравним сплошную и пунктирную немаркированные линии на рис. 5.2). Несмотря на то, что затраты на топливо составляли при цене авиатоплива 900 долл./т более 40% полной себестоимости перевозок, а удельный расход топлива удалось сократить на четверть, тариф снизился лишь на 3,3%. Т.е. «ловушка лидерства» приводит к выбору не самых эффективных для потребителей направлений инновационного развития.

Выявленные выше эффекты следует принимать во внимание при формировании государственной политики регулирования инновационного развития. Прежде всего, в государственном субсидировании нуждаются те инновационные проекты, которые нацелены на учет общих интересов потребителей и конкурирующих производителей. Если же эгоистические интересы лидеров инновационного развития делают желательным ухудшение общих условий (а оно нередко возможно, в отличие от предпосылок предложенной модели) – такие действия необходимо пресекать. Возможно, иногда целесообразно искусственное «выравнивание» уровня технологий конкурирующих производителей с целью недопущения попадания отрасли в «ловушку лидерства», формирующую общественно неприемлемые приоритеты инновационного развития.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 5

Анализ экономической мотивации выбора направлений инновационного развития фирмы между усилением конкурентного преимущества и улучшением общих экономических условий (например, между повышением топливной экономичности собственных изделий и повышением доступности топлива) позволил выявить следующие эффекты:

- Если конкурентное преимущество некоторого производителя над прочими превосходит определенный пороговый уровень, он может быть в принципе не заинтересован в повышении доступности общих ресурсов, поскольку его выигрыш в конкурентной борьбе выше соответствующих затрат. Этот эффект можно назвать «ловушкой лидерства» в инновационном развитии.
- Даже если вышеуказанный пороговый уровень не достигнут, повышение доступности общих ресурсов может быть для игроков выгоднее повышения экономичности собственных изделий только в том случае, если оно требует существенно меньших затрат. Таким образом, естественные (рыночные) стимулы к улучшению общих условий, как правило, слабее стимулов к завоеванию конкурентного преимущества, а иногда даже может быть выгодным ухудшение этих условий.
- В то же время, с точки зрения потребителей улучшение общих условий работы всех производителей, как правило, эффективнее, чем повышение приспособленности отдельного производителя к этим условиям. Для повышения социально-экономической эффективности выбора направлений инновационного развития может потребоваться государственное вмешательство.

ЧАСТЬ II. УПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯМИ И ИННОВАЦИОННЫМИ РАЗРАБОТКАМИ В НАУКОЕМОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Поскольку НИОКР имеют большой удельный вес, как в длительности, так и в стоимости ЖЦ наукоемкой продукции, организация НИОКР оказывает решающее влияние на успех или неудачу наукоемких проектов. Во второй части будут рассмотрены некоторые специфические проблемы организации исследований и разработок – начиная с системных стратегических исследований, фундаментальных и поисковых изысканий и изобретательства, и заканчивая рабочим проектированием и технологической подготовкой производства.

Глава 6. Управление высокорисковыми поисковыми исследованиями

6.1. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОИСКОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ

Жесткая временная конкуренция на рынках высокотехнологичной продукции требует специфических стратегий инновационной деятельности. Традиционно рекомендуется (см., например, [31]) сосредоточить усилия и ресурсы компании на наиболее перспективном направлении поисковых исследований. Однако основная проблема состоит в определении такого направления. Даже если бы это было принципиально возможно, выделение приоритетов неизбежно сопряжено с внутрифирменными конфликтами (подробнее см. [89, 108]), в которых далеко не всегда одержат верх сторонники действительно наилучшего варианта. Но важнейшая особенность поисковых НИР состоит именно в том, что их успех не гарантирован, и время достижения успеха является чрезвычайно неопределенным. Поэтому, вопреки общепринятым рекомендациям, игнорирующим эту особенность, может оказаться целесообразным диверсифицировать поисковые исследования, одновременно начиная поиск «прорывных» решений в нескольких направлениях. Даже если каждый поисковый проект в отдельности имеет мало шансов увенчаться успехом, ожидаемое время достижения желаемого результата хотя бы в одном проекте может снижаться с ростом их количества. Для иллюстрации этого эффекта совместно с Н.В. Ивановой была предложена следующая упрощенная модель. Предположим, фирма запустила n поисковых проектов, нацеленных на достижение «прорывного» превосходства новой продукции над старой. Обозначим τ среднее время достижения успеха (т.е. целевого «прорывного» уровня характеристик перспективной продукции) в единичном поисковом проекте. Тогда можно приближенно считать, что вероятность достижения успеха в течение года равна $\frac{1}{\tau}$, вероятность недостижения успеха – $(1 - \frac{1}{\tau})$. Если реализуемые параллельно проекты независимы друг от друга, вероятность того, что ни в одном проекте в течение года не будет достигнуто успеха, равна $(1 - \frac{1}{\tau})^n$. Соответственно, вероятность успеха хотя бы одного поискового проекта в течение года равна $[1 - (1 - \frac{1}{\tau})^n]$. Естественно, если хотя бы в одном проекте удастся достичь целевого уровня характеристик, вся программа НИР считается успешно завершённой. Таким образом, можно оценить вероятность достижения успеха поисковых НИР ровно через $T_{\text{НИР}}$ лет:

$$P\{T_{\text{НИР}}\} = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n\right] \cdot \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n \cdot (T_{\text{НИР}} - 1)}, \quad (6.1)$$

поскольку данное событие является сочетанием следующих событий:

- в течение $(T_{\text{НИР}} - 1)$ лет ни в одном поисковом проекте не удастся достичь успеха;
- в году $T_{\text{НИР}}$ успех достигается хотя бы в одном проекте.

Зная вероятности достижения успеха поисковых НИР в различные сроки (например, определяя их по формуле (6.1)), можно оценить ожидаемую продолжительность этапа НИР:

$$\bar{T}_{\text{НИР}} = \sum_{T=1}^{+\infty} T \cdot P\{T\} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n}. \quad (6.2)$$

Она обратно пропорциональна вероятности достижения успеха в течение года хотя бы в одном проекте. С ростом числа одновременно реализуемых проектов НИР, ожидаемый срок достижения успеха сокращается: $\frac{\partial \bar{T}_{\text{НИР}}}{\partial n} < 0$.

Однако увеличение числа направлений НИР требует увеличения затрат. Следует подчеркнуть, что диверсификация поисковых исследований ни в коем случае не подразумевает распыления средств, достаточных для проведения лишь одного полноценного исследования. Такая политика (к сожалению, проводившаяся во многих наукоемких отраслях российской промышленности в 1990-е гг.) в принципе не может быть успешной, и ведет лишь к неэффективному использованию ограниченных средств. Напротив, каждый поисковый проект должен финансироваться в полном объеме до тех пор, пока хотя бы одно из направлений поиска не приведет к успеху. Естественно, при этом ожидаемый объем финансирования поисковых НИР увеличивается с ростом числа направлений поиска, но относительно медленно, поскольку сокращается ожидаемая продолжительность поиска. Обозначим $c_{\text{проект}}$ среднегодовой объем финансирования, необходимый для полноценного продолжения одного поискового исследовательского проекта. Тогда ожидаемые затраты на поисковые НИР можно оценить, учитывая формулу (6.2), следующим образом:

$$\bar{C}_{\text{НИР}} = c_{\text{проект}} \cdot n \cdot \bar{T}_{\text{НИР}}(n) = \frac{c_{\text{проект}} \cdot n}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n}, \quad (6.3)$$

где произведение $(n \cdot \bar{T}_{\text{НИР}})$ имеет смысл объема НИР в «проекто-годах». Поскольку знаменатель полученной дроби монотонно возрастает с ростом n , ожидаемые затраты увеличиваются медленнее, чем число одновременно реализуемых проектов. На рис. 6.1 рассмотрен следующий пример: $\tau = 5$ лет, т.е. каждое направление поисковых исследований с вероятностью 20% приведет к успеху в течение года, а с вероятностью 80% - не приведет.

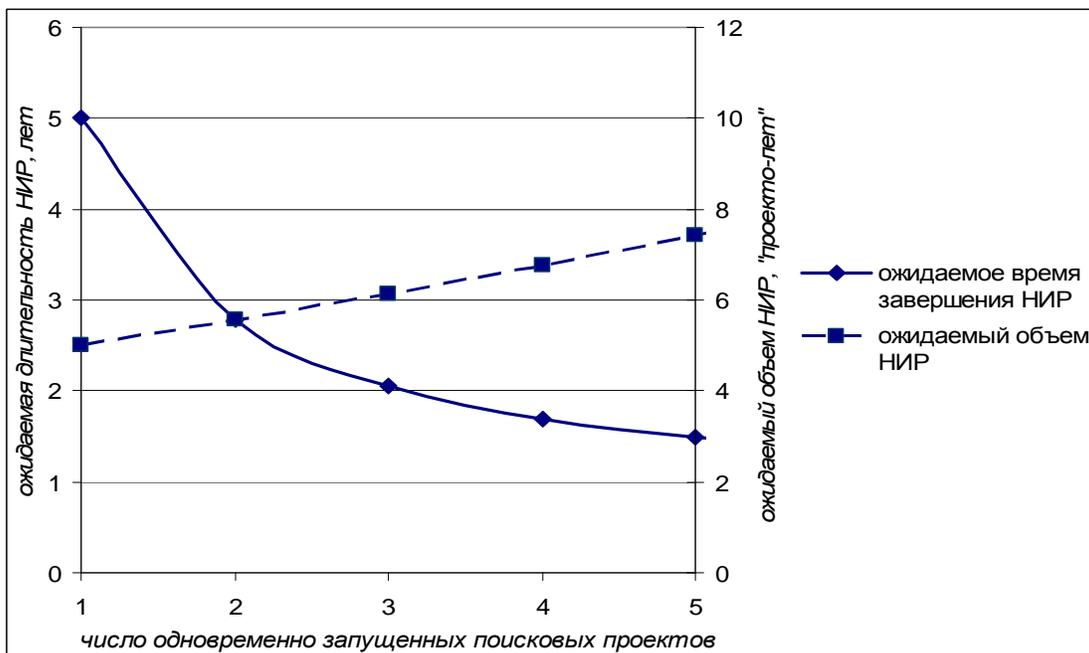


Рис. 6.1. Влияние диверсификации поисковых исследований на ожидаемую длительность и стоимость НИР

Если исследования вести в единственном направлении, ожидаемый срок достижения результата составит 5 лет; если вести поиск одновременно в двух направлениях, этот срок сократится приблизительно до 2,8 лет, и т.д., см. формулу (6.2). Что касается затрат на НИР, то они, как и было обосновано выше, возрастают медленнее, чем количество поисковых проектов: если реализуется единственный проект, ожидаемый объем затрат соответствует 5 «проекто-годам», при двух проектах он возрастет приблизительно до $2 \cdot 2,8 = 5,6$ «проекто-лет», и т.д., согласно формуле (6.3).

Как отмечено в книге [31], достижение успеха исследовательского проекта может быть до определенной степени форсировано за счет дополнительного финансирования (т.е. $\frac{\partial \tau}{\partial c_{\text{проект}}} < 0$).

Пользуясь предложенной моделью, можно оценить, что выгоднее – форсирование НИР или их диверсификация. Рассмотрим две альтернативы: вести поисковые исследования в n направлениях, каждое из которых обещает успех, в среднем, через τ лет, либо ограничиться единственным направлением поиска, но сократить ожидаемый срок достижения результата в n раз за счет дополнительного финансирования. Согласно формуле (6.2), в первом случае ожидаемая длительность этапа поисковых НИР составит

$$\bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau;n} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^n} = \frac{1}{\left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)\right] \cdot \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}} = \frac{\tau}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}}; \tau > 1,$$

а во втором –

$$\bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\frac{\tau}{n};1} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{n}{\tau}\right)} = \frac{\tau}{n}.$$

Поскольку при $\tau > 1$, $\left(1 - \frac{1}{\tau}\right) < 1$, $\Rightarrow \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1} < n$, и $\bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\frac{\tau}{n};1} < \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau;n}$, т.е. ожидаемая

длительность НИР при форсировании заведомо ниже, чем при диверсификации. Однако в реальности увеличение финансирования редко приводит к пропорциональному сокращению ожидаемого срока получения результата. Как правило, вложения в форсирование работ (в т.ч., НИОКР) характеризуются убывающей предельной отдачей. Если сокращение в n раз ожидаемого срока достижения успеха в одном проекте потребует увеличения ежегодного финансирования проекта в $x > n$ раз, ожидаемые затраты на диверсифицированные НИР составят

$$\bar{C}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau;n} = n \cdot c_{\text{проект}} \cdot \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau;n} = n \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{\tau}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}},$$

а на форсированные –

$$\bar{C}_{\text{НИР}} \Big|_{\frac{\tau}{n};1} = x \cdot c_{\text{проект}} \cdot \bar{T}_{\text{НИР}} \Big|_{\frac{\tau}{n};1} = x \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{\tau}{n},$$

и $\bar{C}_{\text{НИР}} \Big|_{\tau;n} < \bar{C}_{\text{НИР}} \Big|_{\frac{\tau}{n};1}$ (т.е. диверсификация поисковых исследований приведет к сокращению

ожидаемой стоимости НИР) при $x > \frac{n}{\sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{i-1}}$.

Разумеется, предлагаемая модель носит чрезвычайно упрощенный характер. В реальности распределение срока достижения успеха проекта может быть существенно сложнее, чем

предполагаемый здесь пуассоновский поток¹ с интенсивностью $\frac{1}{\tau}$. Вообще, как известно

специалистам в сфере менеджмента исследований и разработок (см. [12, 29, 31, 48, 112]), реализация НИР сопровождается множеством сложнейших и не всегда формализуемых эффектов. Например, вопреки принятым в модели предположениям, параллельно реализуемые исследовательские проекты могут оказывать друг на друга влияние (даже при независимом финансировании) посредством общения различных групп исследователей, взаимообмена плодотворными (или ошибочными) идеями, и т.п. Поисковые проекты могут запускаться не одновременно, а по мере появления новых перспективных идей (в т.ч., в ходе разработки уже начатых направлений). Тем не менее, данная модель на качественном уровне адекватно отражает возможный эффект диверсификации направлений поисковых НИР. При этом она допускает уточнение путем использования более адекватных законов распределения времени достижения успеха (в т.ч., построенных на основе реальных статистических данных), учета взаимосвязей между отдельными параметрами, и т.п.

Важно учесть, что при диверсификации направлений поиска, помимо возможного сокращения ожидаемых длительности и стоимости поисковых НИР, сокращается риск увеличения длительности НИР сверх ожидаемых значений, и, как следствие – риск запаздывания выхода на рынок относительно конкурентов. В ряде областей (прежде всего, в военной) последствия такого запаздывания не измеряются лишь финансовыми потерями. Поэтому, например, головное исследовательское ведомство министерства обороны США – *DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency)*, т.е. агентство по перспективным оборонным исследовательским проектам) реализует приблизительно такую стратегию, которая обоснована в данном разделе, т.е. поддерживает широкий спектр высокорисковых поисковых исследований. Они проводятся в различных областях науки и техники. Но поскольку результаты подобных поисковых НИР, как правило, имеют двойное назначение, деятельность *DARPA* оказывает и непосредственное воздействие на инновационное развитие гражданского сектора промышленности США, подробнее см. [95]. Вообще, финансирование оборонных исследовательских программ стало в наиболее развитых странах мира важным каналом поддержки исследований и разработок в гражданской сфере. Прямая государственная поддержка гражданских разработок ограничена правилами ВТО, но на военные разработки эти ограничения не распространяются. В то же время, их результаты, обладая двойным назначением, существенно ускоряют инновационное развитие гражданских отраслей (тем более, что большинство предприятий наукоемкой промышленности являются многопрофильными, выпуская как военную, так и гражданскую продукцию).

Говоря о практике реализации высокорисковых разработок за рубежом, следует упомянуть о т.н. *нерегламентируемых НИОКР* в военно-промышленном комплексе США, подробнее см. [23]. С одной стороны, большую популярность в российской управленческой практике (и не только в инновационном менеджменте, но и в сфере государственного управления) приобрела концепция *программно-целевого управления* (см., например, [16, 51]). Всячески подчеркивается необходимость четкого определения целей и ожидаемых результатов работы, усиления дисциплины в части выделения средств. Говорится о целесообразности «бюджетирования, ориентированного на результат» [51], а в сфере управления научно-техническими разработками считается единственно возможным линейный алгоритм «планирование – программирование – бюджет». С другой стороны, в США, т.е. на родине этих управленческих концепций, некритически воспринятых в России, уже несколько десятилетий назад осознали их ограниченную применимость, тем более – в сфере высокорисковых разработок с высокой степенью новизны. Они неизбежно характеризуются существенной неопределенностью результатов и сроков их достижения, поэтому четкая их регламентация (по принципу «откроем новую элементарную частицу в третьем квартале!») неэффективна и практически невозможна. В связи с этим, практикуется выделение средств на проверку тех или иных перспективных идей, причем, заранее допускается, что большая их часть окажется принципиально неудачной, либо потребует доработки, возврата на более ранние стадии. Ожидаемым итогом таких поисковых НИОКР является создание не изделия, готового к серийному

¹ В то же время, из теории случайных процессов известно, что если поток случайных событий (в данном случае – поток успехов диверсифицированных НИР) является суммой многих потоков случайных событий с произвольными законами распределения, его закон распределения с ростом числа суммируемых потоков (т.е. в терминах модели – если число проектов будет увеличиваться) асимптотически приближается к пуассоновскому.

тиражированию, а лишь т.н. *демонстратора*, призванного показать принципиальную реализуемость и эффективность совокупности новых конструктивных или технологических решений. Примерами таковых служат многочисленные экспериментальные летательные аппараты серии X, созданные NASA и ведущими аэрокосмическими фирмами США [119, 145].

В этой связи интересно отметить, что прокуратура РФ потребовала от компании «РОСНАНО» объяснить неудачи всех инновационных проектов, не увенчавшихся успехом, и рассматривает их финансирование как нецелевое использование средств [40]. Не касаясь конкретных аспектов работы данной компании, подчеркнем, что такой взгляд на финансирование инновационных проектов (в т.ч. из государственного бюджета) является следствием непонимания объективных закономерностей инновационного развития, неизбежности риска в инновационных разработках, особенно, прорывных. Более того, под предлогом усиления контроля и необходимости более тщательного обоснования выделения средств, фактически, обеспечивается заведомо неэффективное вложение финансовых ресурсов. Как будет показано ниже, в п. 6.3, длительное уточнение объема потребных инвестиций и параметров поисковых проектов (под предлогом повышения эффективности использования средств) может привести к коммерческому провалу проекта, т.е., как раз, к неэффективному вложению средств.

6.2. ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОИСКОВЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ВРЕМЕННОЙ КОНКУРЕНЦИИ

6.2.1. Метод оптимизации количества направлений поисковых исследований

Можно найти оптимальный уровень диверсификации поисковых НИР, при котором повышение ожидаемых затрат на поисковые исследования оправдано выигрышем во временной конкуренции. Для этого совместно с Н.В. Ивановой была разработана следующая экономико-математическая модель. Конкуренцию двух производителей – A и B – можно представить как биматричную игру, в которой стратегиями игроков являются количества запущенных ими поисковых проектов n^A и n^B , а целевыми функциями – ожидаемые значения прибыли за весь жизненный цикл изделий (далее ЖЦИ) длительностью $T_{жци}$ ¹. Можно считать, что по истечении времени $T_{жци}$ создаваемое сейчас поколение изделий морально устареет, и на смену ему придет принципиально новое поколение. Важно подчеркнуть, что некорректно вычислять ожидаемые значения объемов продаж, выручки, затрат и прибыли каждого игрока на основе ожидаемой продолжительности НИР и ожидаемого срока выхода на рынок. Поскольку успех поисковых НИР достигается в случайный момент времени, вполне возможна такая ситуация, когда игрок, запустивший меньшее количество поисковых проектов, чем его соперник, тем не менее, раньше достигнет успеха. Поэтому предлагается оценивать ожидаемые значения прибыли фирм по следующему алгоритму.

а) Вычислим вероятность того, что фирма A выйдет на рынок в момент T^A , а фирма B – в момент T^B , по следующей формуле:

$$P\{T^A; T^B\} = \begin{cases} 0, & T^A < T_{ОКР}^A + T_{ТПП}^A + 1, \text{ или } T^B < T_{ОКР}^B + T_{ТПП}^B + 1 \\ P\{T_{НИР}^A = T^A - T_{ОКР}^A - T_{ТПП}^A\} \cdot P\{T_{НИР}^B = T^B - T_{ОКР}^B - T_{ТПП}^B\}, & \end{cases} \quad (6.4)$$

где $T_{ОКР}^A, T_{ОКР}^B$ - продолжительности ОКР на фирмах A и B ;

$T_{ТПП}^A, T_{ТПП}^B$ - продолжительности технологической подготовки производства на фирмах A и B ;

вероятности $P\{T_{НИР}^A\}, P\{T_{НИР}^B\}$ оцениваются по формуле (6.1) и, соответственно, зависят от числа поисковых проектов, начатых фирмами A и B , n^A и n^B .

¹ В силу большой длительности ЖЦИ в наукоемких отраслях, необходимо учитывать временную стоимость денег. Поэтому в практических расчетах более корректно использовать вместо прибыли чистую текущую стоимость (NPV, Net Present Value) портфеля проектов фирмы.

б) Оценим, пользуясь детерминированными моделями (например, аналогичными модели временной конкуренции, которая использовалась в п. 3.2.1), значения объемов продаж, выручки, затрат, и, в конечном счете – прибыли каждой фирмы в том случае, если фирма A выйдет на рынок в момент T^A , а фирма B – в момент T^B : $\{\Pi^A(T^A; T^B)\}$, $\{\Pi^B(T^A; T^B)\}$, $T^A, T^B = 1, \dots, T_{\text{жци}}$. Если прибыль какой-либо фирмы при данных значениях (T^A, T^B) окажется отрицательной, проявится описанный выше эффект блокировки, и в реальности данная фирма вообще не будет выходить на рынок. В этом случае необходимо скорректировать результаты расчета для обеих фирм с учетом того, что аутсайдер вообще не выйдет на рынок и, таким образом, не составит конкуренции лидеру. Для корректного учета эффекта блокировки в предлагаемой игровой модели необходимо предусмотреть следующие варианты:

- прекращение любой потенциально убыточной программы, либо, ее продолжение в том случае, если это позволяет минимизировать убытки;
- принятие решения о прекращении или продолжении программы в момент вывода лидером продукта на рынок, либо, в момент окончания НИР фирмой-лидером (информацию об этом может обеспечить конкурентная разведка, подробнее см., например, [31] и ниже, п. 6.2.2).

в) Оценим, учитывая формулу (6.4), ожидаемые значения прибыли конкурирующих фирм по следующим формулам:

$$\bar{\Pi}^A = \sum_{T^A=1}^{T_{\text{жци}}} \sum_{T^B=1}^{T_{\text{жци}}} \Pi^A(T^A; T^B) \cdot P\{T^A; T^B\};$$

$$\bar{\Pi}^B = \sum_{T^A=1}^{T_{\text{жци}}} \sum_{T^B=1}^{T_{\text{жци}}} \Pi^B(T^A; T^B) \cdot P\{T^A; T^B\},$$

где значения $\{\Pi^A(T^A; T^B)\}$, $\{\Pi^B(T^A; T^B)\}$ для $T^A, T^B = 1, \dots, T_{\text{жци}}$ определяются в п. (б). Далее можно составить платежные матрицы игроков, состоящие из элементов $\|\bar{\Pi}_{ij}^A\|$ и $\|\bar{\Pi}_{ij}^B\|$, где номер строки соответствует количеству поисковых проектов, запущенных фирмой A , а номер столбца – количеству направлений НИР фирмы B : $i = n^A$, $j = n^B$. Равновесием Нэша в описанной биматричной игре является такое сочетание стратегий (n_*^A, n_*^B) , от которого никому не выгодно отклоняться в одностороннем порядке.

Поскольку расчеты по предлагаемым моделям предполагают большой объем вычислений, они были автоматизированы с помощью программы, разработанной Н.В. Ивановой в среде *MATLAB*. Рассмотрим следующий пример, параметры которого по порядку величины соответствуют реальной временной конкуренции на рынке магистральных пассажирских самолетов. Пусть общая продолжительность ЖЦИ данного поколения изделий составляет 20 лет; цена на монопольном рынке – 120 млн. долл./ед., на конкурентном – 100 млн. долл./ед. Объемы продаж составляют соответственно 250 и 300 ед./г., причем, в период конкуренции обе фирмы займут по 50% рынка. У обеих фирм детерминированная суммарная продолжительность ОКР и ТПП равна 5 годам, а постоянные затраты на ОКР и ТПП равны 4 млрд. долл. Удельные материальные затраты составляют 50 млн. долл./ед., а стоимостные трудозатраты на первый экземпляр равны 100 млн. долл., и сокращаются на 15% при каждом удвоении накопленного выпуска. Будем считать, что фирмы прекращают убыточные проекты, узнавая об успехе конкурента в момент выхода его продукта на рынок.

Поскольку параметры функций затрат обоих игроков одинаковы, равновесие Нэша будет симметричным: $n_*^A = n_*^B = n_*$, $\bar{\Pi}_*^A = \bar{\Pi}_*^B = \bar{\Pi}_*$. Рассмотрим влияние некоторых параметров модели на равновесное количество направлений поиска и равновесные значения выигрыша. На рис. 6.2 изображена зависимость равновесного количества направлений поиска n_* от потребного

среднегодового объема финансирования одного проекта $c_{\text{проект}}$. Среднее время достижения успеха в одном проекте τ принято равным 3 годам.

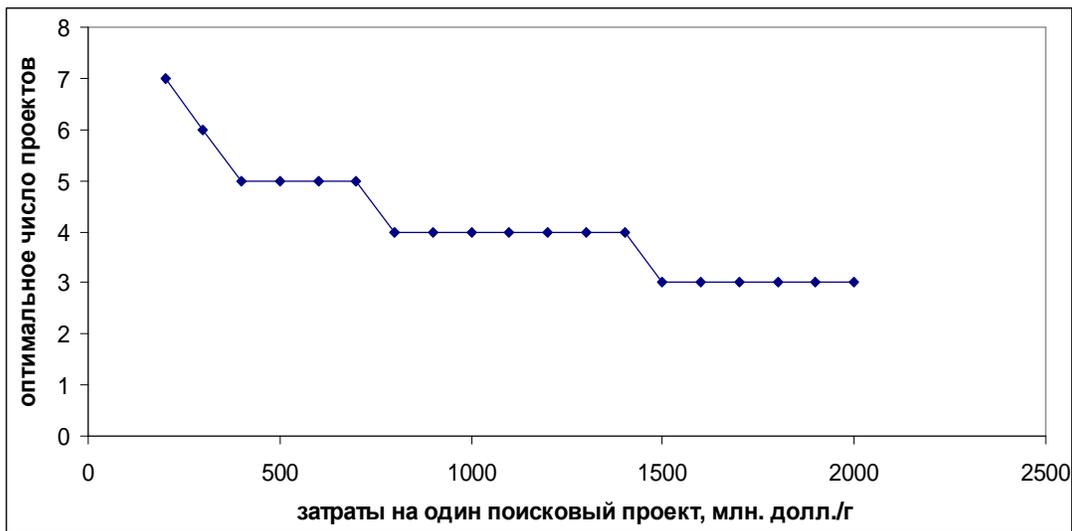


Рис. 6.2. Влияние стоимости финансирования поискового проекта на равновесные стратегии конкурентов

Естественно, чем дешевле обходятся поисковые исследования, тем больше направлений поиска целесообразно реализовать одновременно.

На рис. 6.3 изображена зависимость равновесного количества направлений поиска n_* . Потребный объем финансирования одного проекта $c_{\text{проект}}$ принят равным 500 млн. долл./г. Все остальные исходные данные соответствуют предыдущему примеру.

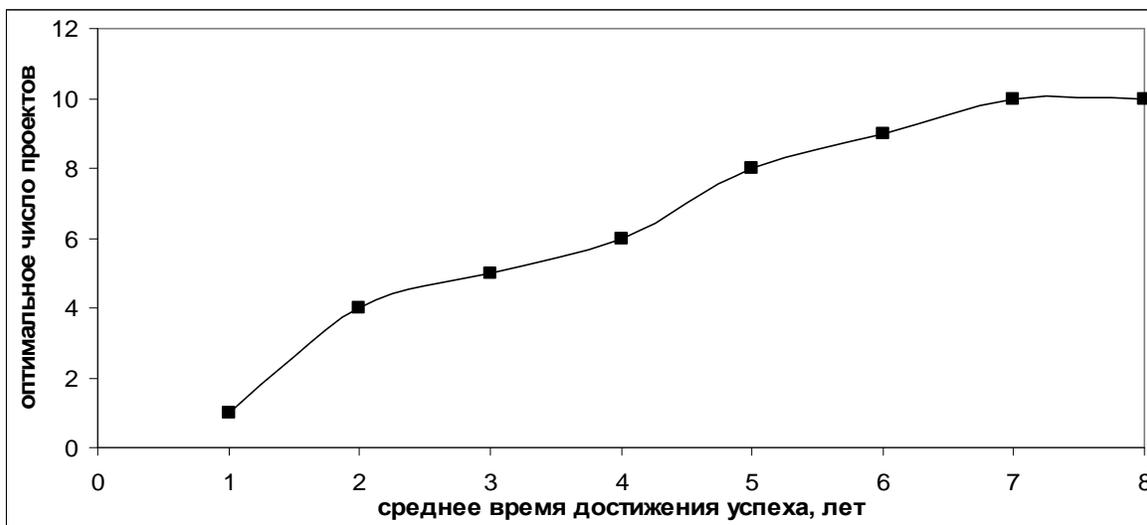


Рис. 6.3. Влияние среднего времени достижения успеха поискового проекта на равновесные стратегии конкурентов

Необходимо признать, что практическое применение предлагаемого подхода для вычисления оптимального числа направлений поисковых НИР ограничено, и не только потому, что сложно оценить истинный закон распределения сроков достижения успеха. Оптимальный (согласно предлагаемой упрощенной модели) уровень диверсификации поисковых НИР может быть на практике недостижим. Строго говоря, количества направлений поиска n^A , n^B (и, соответственно, размерности платежных матриц) ограничены сверху не только по соображениям дороговизны НИР, но и отсутствием в реальности большого числа возможных независимых направлений поиска (как правило, их не более 2-5), а также – что, возможно, наиболее критично – дефицитом оригинальных идей и квалифицированных исследователей, способных вести соответствующие поисковые разработки. Важно подчеркнуть, что во многих наукоемких отраслях этот дефицит наблюдается в глобальном масштабе, и не может быть преодолен за короткое время никаким увеличением текущего финансирования. Если оптимальное, согласно предложенной модели, число направлений поиска превышает реально возможное, обоснована рекомендация вести поисковые исследования, по возможности, во многих направлениях, а в стратегической перспективе – наращивать исследовательский потенциал компании, инвестируя в подготовку необходимых специалистов.

На рис. 6.4 маркированной сплошной линией изображена зависимость равновесной прибыли каждого игрока $\bar{\Pi}_*$ от ожидаемого времени достижения успеха в одном проекте τ . Все исходные параметры соответствуют предыдущему примеру, однако учитывается, что число одновременно реализуемых каждой фирмой поисковых проектов не может превышать трех: $n \leq 3$.

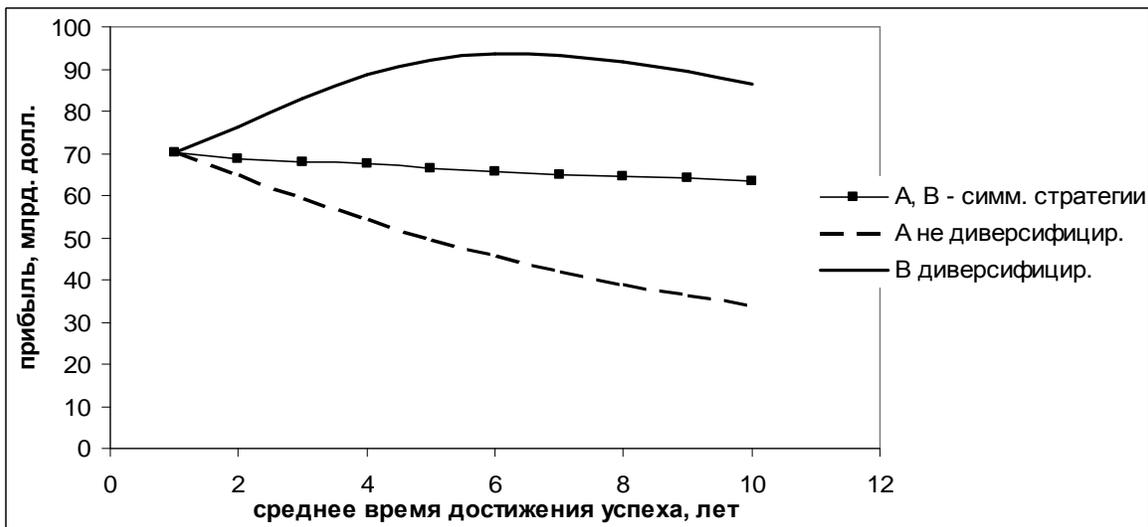


Рис. 6.4. Влияние среднего времени достижения успеха поискового проекта на равновесные выигрыши конкурентов

Видно, что возможность диверсификации НИР существенно смягчает последствия увеличения ожидаемого времени достижения успеха – при симметричных стратегиях обеих фирм, их прибыли (маркированная линия) почти не убывают с ростом τ . Для сравнения на рис. 6.4 приведены значения прибыли игроков в том случае, если фирма *A* реализует единственный поисковый проект (штриховая линия), а ее конкурент, компания *B*, диверсифицирует поисковые НИР оптимальным образом (сплошная линия) в рамках ограничения $n^B \leq 3$. Игрок, проводящий поиск в нескольких направлениях, существенно выигрывает, причем, вначале его прибыль может даже возрасти с ростом ожидаемого времени достижения успеха проекта. Причина такого немоного изменения прибыли лидера состоит в том, что сначала выигрыш во временной конкуренции оказывается существеннее ухудшения общих условий работы (т.е. роста τ). Именно такой эффект («ловушка лидерства») подробно обсуждался в главе 5, и полученный результат является еще одним примером его проявления.

Внедрение новых исследовательских методов и технологий (прежде всего, компьютерного моделирования вместо натурального эксперимента, и т.п.) может привести к сокращению характерного срока достижения успеха τ . Среднегодовая стоимость финансирования каждого поискового проекта $C_{\text{проект}}$ при этом может как сократиться, так и возрасти. Предлагаемые модели и полученные с их помощью зависимости $\bar{P}_*(\tau)$ позволяют оценить, оправдано ли возможное удорожание НИР выигрышем во временной конкуренции.

6.2.2. Особенности управления процессом поисковых исследований в условиях временной конкуренции

Управление реализацией инновационного проекта при угрозе эффекта блокировки можно представить как *реальный опцион* [9, 18]: в любой момент времени можно принять решение о прекращении либо продолжении проекта. Принимая решение, фирма может руководствоваться одним из следующих правил:

а) даже если проект в целом оказывается убыточным, но ожидается, что будущая выручка покроет оставшиеся вложения и затраты, реализацию проекта целесообразно продолжать, минимизируя убытки (поскольку уже сделанные вложения рассматриваются как безвозвратные потери, и не оказывают влияния на решения относительно будущего);

б) если выясняется, что проект в целом убыточен, его реализация немедленно прекращается. Это может потребоваться, поскольку фирмы часто реализуют не один инновационный проект, а портфель проектов, и дефицитные ресурсы необходимо высвободить для более перспективных проектов.

В случае (а) фирма согласна иногда продолжать и убыточные проекты, поэтому блокировка наступает, как правило, позже (при большем запаздывании), чем в случае (б). Подчеркнем, что это оказывает влияние и на экономическое положение фирмы-лидера, поскольку, продолжая реализацию своего проекта, запоздавшая фирма составляет конкуренцию лидеру, а при выходе из игры она предоставляет лидеру монопольное положение на рынке.

Существенное влияние на поведение фирм оказывает их информированность о ходе реализации проектов компаний-конкурентов. Можно выделить две основные ситуации:

I) фирма узнаёт об успехе конкурента в момент выхода последнего на рынок, т.е. по окончании НИОКР и ТПП;

II) фирма узнаёт об успехе НИР конкурента, и может оценить время его выхода на рынок, поскольку длительности последующих этапов (ОКР и ТПП) почти детерминированы.

Второй вариант реализуется, как правило, благодаря конкурентной разведке. На рынках наукоемкой продукции компании, как правило, стремятся держать в секрете достигнутый успех НИР, скрытно переходя к ОКР и ТПП. Конкурентная разведка позволяет, по меньшей мере, узнать, в скольких направлениях ведется поиск на фирмах-конкурентах, а также об успехах или неудачах этих программ¹. Благодаря этому фирма может осознать свой проигрыш во временной конкуренции, не дожидаясь выхода продукции лидера на рынок и, таким образом, избежать потерь на продолжение бесперспективной программы. Таким образом, эффективность конкурентной разведки можно оценить, сравнивая равновесный выигрыш в двух случаях: если фирма узнаёт об успехе исследований конкурентов непосредственно по достижении ими этого успеха, или только после выхода инновационной продукции на рынок (что соответствует описанным выше ситуациям (II) и (I)).

Как правило, целесообразность, как секретности, так и конкурентной разведки не подвергается сомнению. Тем не менее, информационная политика фирм, работающих на рынках наукоемкой продукции, нуждается в более детальном анализе. С одной стороны, наличие более ранней информации о ходе реализации проектов конкурента, по меньшей мере, не ухудшает положения фирмы, и нередко позволяет с минимальным ущербом выйти из уже проигранной инновационной

¹ Нередко такие сведения можно почерпнуть даже из открытых источников, легальными способами. Возможность непосредственного использования результатов НИР конкурентов здесь не рассматривается и, как правило, выходит за рамки закона, хотя в реальности промышленный шпионаж, бесспорно, используется в наукоемких отраслях чрезвычайно активно.

гонки. С другой стороны, как уже было отмечено выше, поведение фирм-аутсайдеров оказывает влияние на экономическое положение лидера. И чем позже компания-аутсайдер узнает, что лидер уже успешно завершил НИР и раньше выйдет на рынок, тем больше безвозвратных потерь уже понес аутсайдер, а, следовательно – выше вероятность того, что он, руководствуясь правилом (б), т.е. правилом минимизации убытков, примет решение продолжить реализацию проекта, и, тем самым, составит конкуренцию лидеру. Т.е. лидеру может быть выгодно раньше объявить о своем успехе, снижая мотивацию возможных конкурентов к продолжению работы.

Таким образом, как ни парадоксально на первый взгляд, иногда целесообразна не секретность, а, наоборот, обнаружение успеха НИР. Заметим, что оно приведет к улучшению по Парето: компания-лидер останется монополистом и получит большую прибыль, а запоздавшие фирмы раньше выйдут из невыгодного для них проекта и понесут меньшие потери. С учетом организационных факторов, вероятность большей открытости разработчиков наукоемкой продукции повышается, поскольку научно-исследовательские подразделения стремятся продемонстрировать успешность своей работы, а менеджеры компании желают оправдать затраты на НИР в глазах акционеров. Однако заинтересованность компаний в обнаружении успеха НИР еще не означает, что конкурентная разведка неактуальна. Напротив, она может быть необходима, поскольку у конкурентов имеется стимул не только объявить о реальном успехе поисковых исследований, но и дезинформировать соперников, объявляя об успехе НИР, когда он еще не достигнут, и, тем самым, повысить вероятность их выхода из проекта и обеспечить себе монопольное пребывание на рынке. Т.е. конкурентная разведка должна предотвратить выход компании из потенциально выгодного проекта вследствие блефа конкурентов.

В то же время, возможности такого блефа все-таки ограничены. Во-первых, потому, что сообщение о слишком раннем успехе поисковых исследований может быть воспринято как неправдоподобное, и не возымеет действия. Во-вторых, потому, что эта информация будет распространена не только среди конкурентов, но и среди акционеров, потребителей и т.п. С одной стороны, чем раньше компания объявит об успехе поисковых НИР – реальном или фиктивном – тем выше вероятность того, что соперники примут решение выйти из игры. Т.е., на первый взгляд, фирме выгодно объявлять о завершении НИР в первом же периоде, $t=1$, вне зависимости от реального положения дел. С другой стороны, тогда акционеры и потребители будут ожидать выхода новой продукции на рынок в момент $t=1+T_{\text{ОКР}}+T_{\text{ТПП}}$, а он, естественно, не состоится, что может повлечь за собой репутационный ущерб для фирмы и санкции в отношении авторов ложного сообщения об успехе.

Сделаем предположение о том, что оба игрока благодаря конкурентной разведке получают достоверную и своевременную информацию о достижении соперником успеха в поисковых исследованиях. Оценим прибыли участников A и B при тех же исходных данных, при которых был выполнен расчет на рис. 6.4 (ожидаемое время достижения успеха в поисковом проекте τ зафиксируем на уровне 3 лет). На рис. 6.5 изображены графики прироста прибыли каждого из игроков по сравнению с уровнем, достигнутым без конкурентной разведки, в зависимости от стоимости ОКР и ТПП. Предполагается, что затраты на ОКР и ТПП делаются равномерно на протяжении этих стадий ЖЦИ, и если до их окончания на основании данных конкурентной разведки будет принято решение о прекращении проекта, безвозвратные потери будут пропорциональны доле уже проведенных ОКР и ТПП. Для простоты, затраты на саму конкурентную разведку не учитывались. Поскольку они относятся к постоянным, их можно вычестить из полученных значений прибыли.

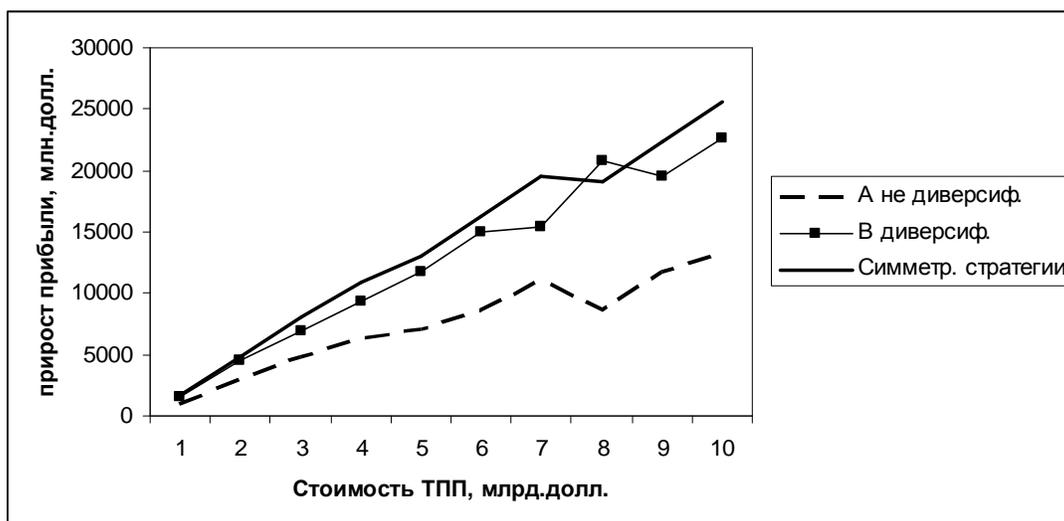


Рис. 6.5. Зависимость прироста прибыли при использовании конкурентной разведки от стоимости ОКР и ТПП

Как и на рис. 6.4, видно, что диверсификация поисковых НИР выгодна – в данном случае, она позволяет получать больший прирост ожидаемой прибыли, чем проведение поиска в единственном направлении. Расчет показал, что зависимость достигаемого благодаря конкурентной разведке прироста прибыли от длительности ОКР и ТПП является слабой, поскольку при таком наборе исходных данных ожидаемая длительность периода продаж существенно выше. Однако зависимости приростов прибыли от стоимости ОКР и ТПП, изображенные на рис. 6.5, являются практически прямо пропорциональными. Более того, как показывают эти графики, прирост прибыли существенно превышает стоимость ОКР и ТПП. Следовательно, эффективность конкурентной разведки и наличия достоверной информации о завершении НИР конкурентом не сводится к экономии затрат фирмой-аутсайдером, вовремя выходящей из проигранной ею инновационной гонки. Не менее существенным является именно выигрыш фирмы-лидера вследствие того, что аутсайдеры реже будут составлять ей конкуренцию (поскольку не успеют сделать достаточного объема безвозвратных инвестиций).

Таким образом, роль информационной политики в наукоемкой промышленности нуждается в дополнительном анализе, а стереотипные представления о «правильном» режиме секретности могут быть ошибочными. В этой связи уместно процитировать статью [23]: «Автор позволит себе вспомнить рекомендацию, услышанную им в далекие 1970-е годы во время работы в США в одной из лабораторий Иллинойского университета: «Если ты не научишься определять, что заставило конкретного человека в конкретный момент времени предать гласности конкретную информацию, ты никогда не сможешь понять истинный смысл и значение сообщений, с которыми ты у нас здесь сталкиваешься». В странах-лидерах инновационного экономического развития соответствующие аспекты традиционно являются предметом интереса ученых и управленцев-практиков.

6.3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КООПЕРАЦИИ НА СТАДИИ ПОИСКОВЫХ НИР: ВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ

Вероятнее всего, освоение принципиально новой ниши рынка наукоемкой продукции, позволяющее радикально повысить его емкость, потребует объединения усилий компаний и ученых из разных стран, их научного и финансового потенциала. Как известно, координация игроков существенно облегчается в условиях, когда они сталкиваются с серьезными общими проблемами. Так, в работах нобелевского лауреата 2009 г. в области экономики Э. Острём показано, что сложные условия хозяйствования побуждают индивидов к принятию эффективных согласованных коллективных решений (несмотря на широко известные проблемы согласования интересов при коллективном принятии решений, изученные в работах К. Эрроу и др. [118]). Ярким примером может служить ситуация, сложившаяся на рынке гражданской авиатехники к началу XXI века. Даже с учетом безусловного превосходства лидеров мирового гражданского авиастроения над российской

авиационной промышленностью, их экономическое положение нельзя априори считать благополучным в долгосрочной перспективе. В глобальном масштабе отрасль сталкивается в своем развитии с серьезными вызовами, системными противоречиями социально-экономического, экологического и др. характера. Таким образом, емкость традиционных сегментов рынка гражданской авиатехники в долгосрочной перспективе сокращается, и даже для нынешних победителей в конкурентной борьбе усиливаются стимулы к поиску новых рынков большой емкости, способов преодоления энергетических и экологических противоречий и т.п. Решение этих проблем может потребовать совместных усилий авиастроителей разных стран. Аналогичные ситуации складываются во многих наукоемких отраслях промышленности.

В работах целого ряда выдающихся экономистов (см., например, [34, 36]) убедительно показано, что кооперация является во многих случаях обоюдовыгодной по сравнению с конкуренцией. Такой вывод следует даже из анализа простейших моделей рыночной конкуренции (см., например, модели дуополии Курно, Штакельберга и модель картеля [34, 118]). Однако на стадии серийного производства и продажи продукции кооперация может быть ограничена законодательно по соображениям защиты конкуренции, предотвращения монополизации рынков. Как обосновано в работе [132], относительно свободно фирмы могут кооперироваться (в т.ч. и в международном масштабе) на стадии НИОКР. В дальнейшем – на стадии серийного производства и т.д. – партнеры по НИР вновь могут выступать как конкуренты.

Подчеркнем, что здесь идет речь о т.н. *горизонтальной* кооперации, когда участники параллельно работают над одной проблемой, но разными путями. В работе [115], посвященной экономическим проблемам организации геологоразведочных работ (ГРР), обоснована целесообразность аналогичного объединения усилий независимых горнодобывающих компаний. Как уже говорилось, проведение высокорисковых инновационных разработок с целью достижения прорывного улучшения продукции или открытия принципиально новых рыночных ниш требует наличия ресурсов (финансовых, интеллектуальных и т.п.), превышающих возможности самых мощных компаний и даже стран. В то же время, успех таких разработок далеко не гарантирован. Аналогично, изолированное проведение ГРР требует столь больших затрат, и сопряжено со столь высоким риском неудачи (вернее, со столь малыми шансами на успех в пределах ограниченной территории, выделенной каждой компании), что большинство компаний обанкротится. В связи с этим становятся неэффективными традиционные механизмы управления рисками (например, страхование). Аналогия усиливается тем, что по окончании ГРР, переходя к стадии разработки месторождения, эти компании вновь будут выступать как конкуренты. Однако полной аналогии между разведкой полезных ископаемых и реализацией высокорисковых инновационных проектов не следует ожидать. В обоих случаях наблюдается сильный положительный эффект масштаба, обусловленный перераспределением рисков. В силу этого эффекта может быть целесообразной разработка т.н. *технологических платформ* в общенациональных интересах под контролем структур наподобие *DARPA* (а, возможно, и в рамках международной кооперации), в то же время, обеспечить финансирование высокорисковых поисковых НИР аналогично тому, как это целесообразно делать в сфере геологоразведки (т.е. за счет обязательных отчислений фиксированной доли выручки) вряд ли удастся. В сфере инновационных разработок реализовать такой механизм гораздо сложнее, чем в сфере воспроизводства минерально-сырьевой базы. Во-первых, даже при успешном окончании поисковых НИР, может не быть устойчивого и контролируемого финансового потока от продажи наукоемкой продукции, наподобие выручки от экспорта минерального сырья. И если, например, нефтедобывающие компании вряд ли сменят профиль своей деятельности, то в наукоемкой промышленности фирмы часто меняют его. Во-вторых, эффект поисковых НИР может быть отложенным на 5-10 лет (поскольку затем следуют ОКР и ТПП). Поиск эффективных механизмов финансирования таких разработок – одна из актуальных проблем построения эффективной национальной инновационной системы (НИС, см., например, [29, 44]).

Гибридные формы взаимодействия предприятий, выходящие за рамки традиционной дихотомии «конкуренция – кооперация» в работе [60] предложено называть *коокуренцией* и *конкоперацией*, но если в упомянутом источнике имеются в виду взаимоотношения фирм в сетевых организационных структурах (подробнее см. [93] и ниже, в главе 7), то здесь многообразие взаимоотношений проявляется во временном измерении. Экономическая эффективность совместных НИР исследована в целом ряде работ российских и зарубежных авторов, см., например, [132]. Прежде всего, в этих работах учитывается, что кооперация позволяет сократить затраты на НИР, которые составляют в наукоемких отраслях значительную долю себестоимости продукции. В данной работе особое

внимание уделяется иным – временным – аспектам конкуренции и кооперации на рынках инновационной продукции. Как показано в п. 6.1, диверсификация направлений поисковых НИР позволяет сократить ожидаемое время достижения требуемого результата и риск запаздывания с выходом на рынок. Чем шире спектр направлений поиска, тем меньше ожидаемое время завершения программы НИР. Однако реализация большего числа исследовательских проектов требует большего объема финансовых и др. ресурсов.

Можно заметить, что на национальном уровне сотрудничество будущих конкурентов на стадии поисковых НИР широко практикуется в странах-лидерах инновационного технологического развития. В п. 6.1 упоминались высокорисковые поисковые исследования, проводимые в наукоемких отраслях промышленности США (прежде всего, под эгидой *DARPA* и министерства обороны, хотя результаты этих исследований и разработок широко используются и в гражданской сфере). Поскольку создаваемые в результате этих работ новые технологические платформы используются многими компаниями, они участвуют на паритетной основе с государством в финансировании этих поисковых НИР (причем, диверсифицированных, проводимых в нескольких направлениях, как и в данной модели). В дальнейшем эти компании могут, создавая на полученных технологических платформах свои собственные коммерческие продукты, конкурировать с ними на тех или иных рынках. Здесь же рассматривается возможность международной кооперации для преодоления технологических разрывов, освоения принципиально новых ниш рынка наукоемкой продукции, т.е. для проведения высокорисковых инновационных разработок.

Как было отмечено в п. 1.2, на данный момент позиции большинства отраслей российской наукоемкой промышленности на мировом, да и на внутреннем рынках, чрезвычайно слабы. Причем, если в серийном производстве еще остается ряд конкурентоспособных продуктов, созданных в советскую эпоху (например, истребители 4-го поколения, вертолеты тяжелого класса), то в сфере перспективных исследований и разработок за последние десятилетия наметилось угрожающее отставание. Фактически, необходимо рассматривать взаимодействие двух чрезвычайно неравноправных участников: обобщенной зарубежной наукоемкой промышленности (А) и отечественной (В). Необходимо определить такие условия, когда конкуренты будут заинтересованы объединиться на стадии поисковых НИР, даже если какой-то игрок обладает подавляющим превосходством и может, в принципе, реализовать инновационный прорыв своими силами. В качестве примера можно рассмотреть аэрокосмическую индустрию США и ЕС, с одной стороны, и российское авиастроение – с другой. Принимая решение о сотрудничестве, более сильный игрок сознает, что по окончании НИР будет иметь конкурента на стадии серийного производства, а в противном случае такой конкурент появился бы, вероятнее всего, гораздо позже, или не появился бы вовсе. Что может заставить лидера пойти на сотрудничество с относительно слабым партнером? Временной фактор чрезвычайно значим на рынках наукоемкой продукции даже в отсутствие прямой конкуренции, поскольку в условиях динамичного инновационного развития длительность НИОКР по порядку величины становится сравнимой с общей продолжительностью жизненного цикла данного поколения продукции. Т.е. даже монополист на таких рынках фактически конкурирует с производителями продукции следующего поколения. И это соображение может оказаться существеннее, чем опасность появления прямого конкурента на рынке изделий данного поколения.

Для проверки данной гипотезы совместно с А.Л. Русановой на основе подходов, реализованных в работах [43, 75] и в пп. 1.2, 6.1, была построена следующая экономико-математическая модель. Пусть сильный конкурент реализует n^A направлений поисковых НИР, а слабый – n^B направлений, $n^B \ll n^A$, (в силу ограниченности текущего финансирования, материально-технической базы и кадрового потенциала). В п. 6.2 показано, что оптимальное (с точки зрения максимизации прибыли в условиях временной конкуренции) количество поисковых проектов, как правило, выше реально возможного (исходя из наличия разнообразных идей, квалифицированных исследовательских коллективов, материально-технической базы, и т.п.) количества направлений поиска. Поэтому в данном разделе, в отличие от п. 6.2, не ставится задача оптимизации числа поисковых исследовательских проектов, и считается, что каждый конкурент реализует максимально возможное их число. На практике можно считать реалистичными следующие максимальные количества направлений поисковых НИР: $n^A = 3-4$; $n^B = 1-2$. Согласно формуле (6.1), если успех одного поискового проекта достигается, в среднем, за τ лет, вероятность того, что I -й игрок, $I = A, B$, завершит поисковые НИР за $T_{НИР}^I$ лет, определяется следующим образом:

$$P\{T_{\text{НИР}}^I\} = \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^I}\right] \cdot \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^I \cdot (T_{\text{НИР}}^I - 1)}.$$

Если финансирование одного поискового проекта в течение года требует затрат на уровне $c_{\text{проект}}$, тогда, согласно модели, приведенной в п. 6.1, ожидаемые значения длительности и стоимости НИР при изолированной работе фирм можно оценить по формулам (6.2, 6.3):

$$\bar{T}_{\text{НИР}}^I \approx \sum_{T_{\text{НИР}}^I=1}^{\infty} T_{\text{НИР}}^I \cdot P\{T_{\text{НИР}}^I\} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^I}}, \quad I = A, B; \quad (6.5)$$

$$\bar{C}_{\text{НИР}}^I = c_{\text{проект}} \cdot n^I \cdot \bar{T}_{\text{НИР}}^I = \frac{c_{\text{проект}} \cdot n^I}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^I}}, \quad I = A, B, \quad (6.6)$$

причем, $\bar{T}_{\text{НИР}}^B \gg \bar{T}_{\text{НИР}}^A$, $\bar{C}_{\text{НИР}}^A > \bar{C}_{\text{НИР}}^B$, поскольку $n^B \ll n^A$.

Если фирмы сотрудничают на этапе поисковых НИР, каждая из них может пользоваться результатами успешных исследовательских проектов фирмы-партнера. Если все направления поиска, реализуемые фирмами A и B , не совпадают, тогда число совместно реализуемых поисковых проектов определяется как $n^{\text{совм}} = n^A + n^B$. Разумеется, в том случае, когда все n^B направлений поиска, реализуемые слабым конкурентом, входят и в n^A направлений, реализуемых более сильной фирмой, для последней исчезают все стимулы к кооперации с бесполезным для нее партнером. Поэтому в общем случае можно считать, что $n^A < n^{\text{совм}} \leq n^A + n^B$. Пользуясь теми же формулами (6.2, 6.3), можно выразить ожидаемые длительность и стоимость совместно выполняемых НИР при кооперации:

$$\bar{T}_{\text{НИР}}^{\text{совм}} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^{\text{совм}}}}; \quad (6.7)$$

$$\bar{C}_{\text{НИР}}^{\text{совм}} = \frac{c_{\text{проект}} \cdot n^{\text{совм}}}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^{\text{совм}}}}. \quad (6.8)$$

Распределение между партнерами затрат на совместно проводимые НИР может быть различным. Наиболее простой и, на первый взгляд, естественный вариант таков: стороны могут финансировать каждая свои проекты в таких же объемах, как и при изолированной работе, получая выигрыш за счет меньшего ожидаемого времени завершения поисковых НИР. Однако такой вариант распределения затрат, как будет показано ниже, не является единственно возможным, и не всегда оказывается наиболее эффективным.

Поскольку $n^B \ll n^A$, $\bar{T}_{\text{НИР}}^{\text{совм}} < \bar{T}_{\text{НИР}}^A$, но $\bar{T}_{\text{НИР}}^{\text{совм}} \ll \bar{T}_{\text{НИР}}^B$; а также $\bar{C}_{\text{НИР}}^{\text{совм}} \approx \bar{C}_{\text{НИР}}^A$. Сопоставление формул (6.5) и (6.7), (6.6) и (6.8) показывает, что совместное проведение поисковых НИР, прежде всего, выгодно слабому конкуренту, который иначе, вероятнее всего, вышел бы на рынки слишком поздно, что может привести к убыточности всей программы (т.е. проявится эффект блокировки). Сам по себе этот вывод тривиален и отражен в широко распространенных рекомендациях, даваемых российской наукоёмкой промышленностью: начинать все масштабные инновационные проекты исключительно в кооперации с ведущими зарубежными компаниями и исследовательскими центрами. Однако здесь большее внимание уделяется иному вопросу: при каких условиях кооперация на стадии НИР может быть выгодна и более сильному игроку?

Можно учесть ограниченность ресурсов и производственных мощностей, тогда слабый конкурент, возможно, не составит заметной конкуренции лидеру в период продаж, и воспользоваться его исследовательским потенциалом будет полезнее даже с учетом утраты определенной доли рынка.

Можно поставить обратную задачу: какую максимальную долю рынка (либо, объем продаж, в абсолютных единицах) согласен отвести лидер аутсайдеру, чтобы и лидеру было выгоднее объединиться с аутсайдером на стадии НИР? Как реализовать такой раздел сфер влияния (с учетом антимонопольных ограничений) – предмет отдельного анализа. Однако, во-первых, как отмечено выше, выпуск слабого конкурента может быть ограничен по объективным причинам (дефицит мощностей, рабочей силы и т.п.); во-вторых, антимонопольные ограничения особенно сильны на национальном уровне, а на мировом рынке они, как показывает реальный опыт, практически не ограничивают преобладание нескольких господствующих фирм. В качестве примера приведем один из немногих проектов создания авиатехники нового поколения, действительно реализованных в рамках тесного международного сотрудничества России и промышленно развитых стран Запада – проект создания реактивного учебно-тренировочного самолета (УТС) российским ОКБ им. А.С. Яковлева и итальянской фирмой *Alenia Aermacchi*. Созданные в рамках этого проекта изделия известны под названиями Як-130 и *Aermacchi M-346*. Договор между партнерами предусматривал раздел регионов продажи будущих изделий (см. [20]): если российские самолеты могут продаваться, главным образом, на рынках стран СНГ и некоторых стран третьего мира, то итальянская фирма получала преимущественные права на рынках стран-членов НАТО и их союзников. Кроме того, как будет подробно описано ниже, итальянский партнер получил еще и значительное временное преимущество по причине дефицита финансирования доводки и ТПП российского самолета, вызвавшей задержку его выхода на рынки. Сократившийся за кризисные годы производственный потенциал российского авиастроения не позволяет ему составить значительную конкуренцию зарубежным производителям и с количественной точки зрения.

Кроме того, экономико-математическая модель поисковых НИР, предложенная в п. 6.1, является чрезвычайно упрощенной и не учитывает целого ряда факторов, которые в реальности могут обусловить сильную заинтересованность ведущих зарубежных центров наукоемкой индустрии в сотрудничестве с российскими наукой и промышленностью. Прежде всего, все направления поисковых НИР в этой модели рассматриваются как равноправные, обезличенные. На практике среди возможных направлений поиска всегда можно выделить более и менее перспективные, обещающие успех в относительно ранние или поздние сроки, требующие различного объема затрат и т.п. И даже несмотря на значительную потерю научно-технического и кадрового потенциала, происшедшую в последние годы, российская наукоемкая промышленность еще обладает *ключевыми компетенциями* по ряду направлений, которые представляются весьма перспективными для создания качественно новых поколений наукоемкой продукции. Наличие ключевых компетенций здесь означает, что зарубежные партнеры не смогут в обозримом будущем реализовать эти направления поиска при любом объеме финансирования. Такое положение дел может сложиться благодаря значительному заделу, накопленному отечественными наукой и промышленностью еще в советскую эпоху, за долгие годы исследований и при наличии необходимого ресурсного обеспечения.

В приведенном выше примере совместного проекта ОКБ им. А.С. Яковлева и *Alenia Aermacchi* требовалось создание принципиально нового, «прорывного» поколения УТС, которое позволит непосредственно готовить летчиков к пилотированию современных и перспективных истребителей 4-5 поколений. Такая возможность реализуется за счет совершенной аэродинамической компоновки самолета и адаптивной, перенастраиваемой электродистанционной системы управления (ЭДСУ), в которую можно заложить динамическую модель того или иного типа реальных боевых самолетов и, следовательно, имитировать особенности управления им. При этом конструкция самолета обладает большим потенциалом создания на ее базе модификаций различного назначения (от учебно-боевых до легких административных самолетов). Как показало развитие проекта, аэродинамика самолета и характеристики двигателей позволяют ему успешно преодолевать звуковой барьер (что было продемонстрировано в летных испытаниях итальянской версии [91]), а взлетно-посадочные характеристики – создать палубную модификацию. Ключевыми компетенциями, необходимыми для создания такого «прорывного» в своем сегменте продукта, обладало именно ОКБ им. А.С. Яковлева, а итальянский партнер обладал современными технологиями автоматизированного проектирования летательных аппаратов, возможностями продвижения будущего изделия на рынки и финансовыми возможностями, необходимыми для проведения НИОКР (что было критически важным на фоне бедственного положения российских научно-исследовательских и проектных организаций на момент принятия решений о кооперации).

Другие примеры наличия у российских предприятий ключевых научно-технических компетенций в аэрокосмической промышленности приведены в [64]. Также существенный задел

накоплен отечественной наукой, например, в сфере новых энергетических технологий – управляемого термоядерного синтеза, и т.п., подробнее см. [48]. Чтобы отразить в моделях эффект наличия ключевых компетенций у того или иного игрока, следует более детально описать возможные ограничения, действующие на этапе поисковых НИР. Так, российская наука и промышленность могут обладать ключевыми компетенциями в $n_{\text{потенц}}^B$ направлениях поиска, однако имеющееся в стране ресурсное обеспечение может быть достаточным для полноценного развития лишь $n_{\text{обеспеч}}^B < n_{\text{потенц}}^B$ проектов (как правило, на практике $n_{\text{обеспеч}}^B = 1$ или даже 0). Зарубежным партнерам может быть выгодно обеспечить российским предприятиям необходимые финансирование, материально-техническую базу и т.п. с целью расширения спектра направлений поисковых исследований и доступа к наиболее перспективным из этих направлений.

Модифицируем с учетом приведенных выше соображений экономико-математическую модель стратегического позиционирования, использованную в п. 1.2. По сравнению с этой моделью, достаточно будет рассмотреть лишь один – новый – рыночный сегмент. Несмотря на то, что и российская, и зарубежная промышленность продолжают работу и на традиционных рынках наукоемкой продукции, можно считать, что новый сегмент, предполагающий кардинальное повышение доступности высокотехнологичных благ, будет слабо связан с традиционными как в технологическом отношении, так и с точки зрения потенциальных потребителей. У каждого из игроков есть две возможные стратегии:

- I – проводить поисковые НИР изолированно, стремясь опередить конкурента;
- II – вступить в кооперацию на стадии поисковых НИР.

Естественно, кооперация возможна лишь в том случае, когда обе стороны выбирают стратегию II. Поскольку кооперация не может быть односторонней, она должна быть выгоднее конкуренции для обеих сторон. Причем, как обосновано выше, наибольшее внимание следует уделить заинтересованности более сильного игрока. Для него, в принципе, можно рассмотреть не одну, а две возможные стратегии кооперации:

- II' – финансировать только свои собственные исследовательские проекты, заключив с игроком B соглашение о совместном использовании результатов НИР друг друга;
- II'' – финансировать, помимо собственных проектов, также $(n_{\text{потенц}}^B - n_{\text{обеспеч}}^B)$ направлений НИР, в которых игрок B обладает ключевыми компетенциями, однако не может обеспечить их реализацию самостоятельно из-за ресурсных ограничений.

В качестве целевой функции игроков можно рассматривать ожидаемую прибыль за весь ЖЦИ, с учетом случайного времени достижения успеха поисковых НИР, или чистую текущую стоимость программы (что более корректно с учетом большой длительности ЖЦИ). Подчеркнем, что было бы некорректным оценивать все экономические характеристики модели на основе ожидаемого времени окончания НИР каждым игроком (поскольку даже при $\bar{T}_{\text{НИР}}^A \ll \bar{T}_{\text{НИР}}^B$ возможно: $T_{\text{НИР}}^A > T_{\text{НИР}}^B$). Следует рассматривать значения этих характеристик при различных сочетаниях времени окончания НИР каждым игроком $(T_{\text{НИР}}^A; T_{\text{НИР}}^B)$, и лишь затем проводить усреднение. Например, как и в п. 6.2, ожидаемое значение прибыли I-го игрока, $I = A, B$, оценивается по следующей формуле¹:

$$\bar{\Pi}^I = \sum_{T_{\text{НИР}}^I=1}^{T_{\text{жци}}^I} \sum_{T_{\text{НИР}}^B=1}^{T_{\text{жци}}^I} P\{T_{\text{НИР}}^A\} \cdot P\{T_{\text{НИР}}^B\} \cdot \Pi^I(T_{\text{НИР}}^A; T_{\text{НИР}}^B),$$

где $P\{T_{\text{НИР}}^I\}$, $I = A, B$ – вероятность того, что I-й игрок завершит поисковые НИР за $T_{\text{НИР}}^I$ лет, которую можно оценить по формуле (6.4).

¹ Здесь завершение НИР отдельной фирмой рассматривается как независимое от успеха НИР фирмы-конкурента.

В рамках предлагаемого здесь подхода можно провести анализ оптимальных стратегий поведения российской и обобщенной зарубежной наукоемкой промышленности в зависимости от следующих факторов:

- экономических параметров новой рыночной ниши (натуральной и стоимостной емкости, параметров себестоимости изделий, ожидаемой продолжительности различных этапов ЖЦИ и др.) и распределения объемов продаж между конкурентами на стадии серийного производства;
- ожидаемой продолжительности поискового исследовательского проекта (до момента достижения успеха) t и среднегодовой стоимости его финансирования $c_{\text{проект}}$;
- наличия у российской промышленности ключевых компетенций в том или ином количестве направлений поисковых НИР, а также объемов ресурсного обеспечения этих НИР.

Параметрические расчеты, проведенные с помощью описанной модели, позволяют выявить влияние перечисленных факторов на возможности кооперации российской и зарубежной наукоемкой промышленности при создании принципиально новых поколений продукции. Поскольку расчеты по описанной в данном разделе модели весьма трудоемки, они были автоматизированы с помощью программы, разработанной А.Л. Русановой [98]. Результаты расчетов наглядно представляются в виде следующей диаграммы, см. рис. 6.6. На данной диаграмме по вертикальной оси отображается ожидаемое распределение объемов продаж между игроками в период конкуренции. У нижнего края доля игрока B на конкурентном рынке α^B равна нулю, а доля его конкурента α^A , соответственно – 100%, у верхнего края – наоборот. По горизонтальной оси может отображаться какой-либо параметр модели, влияние которого в данный момент изучается. На приведенном рисунке в качестве такового выбрана ожидаемая длительность достижения успеха в одном поисковом проекте τ (поскольку именно неопределенность этого времени и стремление сократить ожидаемую продолжительность поисковых НИР, а также риск их затягивания, заставляют искать новые формы их организации, изучаемые в данной главе). На диаграмме выделены области параметров, в пределах которых кооперация на стадии поисковых НИР является обоюдовыгодной (серая заливка, индекс «К») и области, в которых какие-либо игроки вообще покидают рынок (черная заливка, индекс «-А», если уходит игрок A , и «-В», если уходит игрок B). В остальных областях оба игрока остаются на рынке (т.е. получают положительную прибыль за весь ЖЦИ), но предпочитают проводить поисковые НИР самостоятельно.

100%	-А							
95%								
90%								
85%								
80%	К							
75%	К	К	К					
70%	К	К	К	К				
65%	К	К	К	К	К	К		
60%	К	К	К	К	К	К	К	К
55%	К	К	К	К	К	К	К	К
50%	К	К	К	К	К	К	К	К
45%	К	К	К	К	К	К	К	К
40%	К	К	К	К	К	К	К	К
35%	К	К	К	К	К	К		
30%	К	К	К	К				
25%	К	К	К					
20%	К							
15%								
10%								
5%								
0%	-В							
доля В Т, лет	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Рис. 6.6. Влияние длительности поисковых НИР и распределения объемов продаж на стимулы к кооперации

В расчетах используются следующие исходные данные. Суммарные длительности ОКР и ТПП для обоих игроков составляют $T_{\text{ОКР+ТПП}}^A = T_{\text{ОКР+ТПП}}^B = 5$ лет, а суммарные затраты каждого производителя на этих стадиях ЖЦИ равны $C_{\text{ОКР+ТПП}}^A = C_{\text{ОКР+ТПП}}^B = 4$ млрд. долл. Удельные материальные затраты на 1 изделие для обоих производителей равны $c_{\text{мат}}^A = c_{\text{мат}}^B = 50$ млн. долл./ед., а стоимостные трудозатраты на первое изделие составляют для обоих $c_{\text{тр}}^A(1) = c_{\text{тр}}^B(1) = 100$ млн. долл. Темпы обучения в процессе производства равны $\lambda = 15\%$. Равновесные цены на монополизированном и конкурентном рынках составляют, соответственно, $p_{\text{мон}} = 120$ млн. долл./ед. и $p_{\text{конк}} = 100$ млн. долл./ед., а среднегодовой рыночный спрос в этих условиях составляет, соответственно, $q_{\text{мон}} = 250$ ед./г и $q_{\text{конк}} = 300$ ед./г. Общая продолжительность ЖЦИ данного поколения изделий равна $T_{\text{ЖЦИ}} = 20$ лет. Стоимость финансирования одного поискового проекта составляет для любого участника $c_{\text{проект}}^A = c_{\text{проект}}^B = 500$ млн. долл./г.

В этом простейшем примере пока предполагается, что каждый игрок в одиночку мог бы реализовать один поисковый проект ($n^A = n^B = 1$), а при объединении усилий реализуются оба проекта ($n^{\text{совм}} = 2$), а каждый участник по-прежнему финансирует свой проект, но результаты поисковых НИР, в случае успеха какого-либо игрока, становятся доступны обоим. Оптимизация количества направлений поиска, в отличие от п. 6.2, в данном упрощенном примере не проводится (хотя предлагаемая модель и расчетная программа позволяют ее провести). Наличие у игроков ключевых компетенций в определенных направлениях инновационного развития, возможное совпадение отдельных направлений поиска, смешанные схемы финансирования поисковых НИР при кооперации, и т.п. – все эти факторы также могут быть учтены в рамках разработанных модели и компьютерной программы. Здесь основное внимание будет уделено некоторым неочевидным эффектам, которые проявляются даже при самых простых предположениях.

Парадоксально, на первый взгляд, то, что вершина клиновидной области, в которой кооперация на стадии поисковых НИР взаимовыгодна, направлена в сторону увеличения ожидаемой длительности поискового проекта, см. рис. 6.6. Поскольку такое увеличение представляет собой ужесточение условий работы предприятий, было бы естественным ожидать, что при этом усилятся стимулы к сотрудничеству, но они ослабевают!

На рис. 6.7 изображена аналогичная диаграмма, но, по сравнению с исходными данными примера, изображенного на рис. 6.6, считается, что общая продолжительность ЖЦИ $T_{\text{ЖЦИ}}$ сократилась до 15 лет.

100%	-А							
95%								
90%								
85%								
80%								
75%								
70%	К							
65%	К	К						
60%	К	К	К					
55%	К	К	К	К				
50%	К	К	К	К	К			
45%	К	К	К	К				
40%	К	К	К					
35%	К	К						
30%	К							
25%								
20%								
15%								
10%								
5%								
0%	-В							
доля В Т, лет	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Рис. 6.7. Влияние длительности поисковых НИР и распределения объемов продаж на стимулы к кооперации (сокращенная продолжительность ЖЦИ)

Сравнение рис. 6.6 и 6.7 показывает, что при сокращении длительности ЖЦИ и/или при увеличении длительности ОКР и ТПП (т.е. при ужесточении временных ограничений) область предпочтительности кооперации сужается. Т.е. клин становится уже, а его вершина смещается влево, в сторону меньшей ожидаемой длительности поискового проекта. Означает ли это, что, вопреки высказанным выше качественным соображениям, ужесточение условий не способствует кооперации?

Также на вышеприведенных рисунках видно, что области, в которых один из игроков покидает рынок, располагаются вблизи левого верхнего и нижнего углов диаграммы. Это соответствует подавляющему преобладанию другого игрока на рынке в период конкуренции (что вполне ожидаемо), но, кроме того – малой продолжительности поисковых НИР, что требует особого пояснения.

Детальный анализ поведения отдельных составляющих прибылей игроков в различных точках диаграммы позволяет объяснить эти интуитивно неочевидные эффекты следующим образом. Если известно, что в период конкуренции доля данного игрока на рынке будет малой, при кооперации на стадии поисковых НИР он заранее обрекает себя на то, что весь период продаж будет довольствоваться малой долей рынка. Если же игроки проводят поисковые исследования порознь, у такого игрока есть шанс выйти на рынок быстрее и какое-то время оставаться на нем монополистом. Причем, чем выше ожидаемая длительность поисковых НИР, тем больше ожидаемая длительность этого монопольного периода. И чем меньше ожидаемая доля рынка данного игрока в конкурентный период, тем сильнее для него стимул проводить поисковые НИР самостоятельно. Ослабить этот стимул может лишь сокращение привлекательности монопольного присутствия на рынке – например, резкое повышение ценовой эластичности спроса. Предположим, что при сохранении всех остальных исходных данных рассматриваемого расчетного примера, спрос на монополизированном рынке составит $q_{\text{мон}}' = 150$ единиц в год. Результаты расчетов приведены на рис. 6.8.

100%	-A	-A						
95%	-A							
90%								
85%								
80%								
75%	K	K						
70%	K	K	K					
65%	K	K	K	K	K			
60%	K	K	K	K	K	K		
55%	K	K	K	K	K	K	K	K
50%	K	K	K	K	K	K	K	K
45%	K	K	K	K	K	K	K	K
40%	K	K	K	K	K	K		
35%	K	K	K	K	K			
30%	K	K	K					
25%	K	K						
20%								
15%								
10%								
5%	-B							
0%	-B	-B						
доля В Т, лет	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Рис. 6.8. Влияние длительности поисковых НИР и распределения объемов продаж на стимулы к кооперации (увеличенная эластичность спроса по цене)

Сравнивая его с рис. 6.7, можно заметить, что область предпочтительности кооперации расширилась (как и области, соответствующие уходу игроков с рынка), но сохранила свою клиновидную форму.

Итак, удалось объяснить клиновидную форму области предпочтительности кооперации и изменение ее границ при ужесточении тех или иных условий работы предприятий. При одинаковых исходных параметрах обоих игроков, этот клин, как и следовало ожидать, симметричен относительно горизонтальной линии, проходящей на уровне 50% (т.е. в период конкуренции оба игрока делят рынок поровну: $\alpha^A = \alpha^B = 0,5$), см. рис. 6.6-6.8. Если же один из игроков сильнее (т.е. сам способен осуществлять поиск в большем количестве направлений, чем его конкурент, либо обладает преимуществом в себестоимости разработки и производства изделий, в скорости их подготовки к производству, и т.п. – качественное влияние всех подобных факторов одинаково), область предпочтительности кооперации расширяется в сторону более слабого игрока, т.е. для него стимулы к кооперации усиливаются. Также расширяется область, в которой более слабый игрок покидает рынок. Это можно видеть на рис. 6.9. Здесь, по сравнению с исходными данными рис. 6.8, стоимость ОКР и ТПП для игрока В увеличена до $C_{\text{ОКР+ТПП}}^B = 6$ млрд. долл., а удельные материальные затраты возросли до $c_{\text{мат}}^B = 75$ млн. долл. в расчете на одно изделие (т.е. обе величины возросли, по сравнению с исходным уровнем и уровнем конкурента в 1,5 раза).

100%	-A							
95%								
90%								
85%								
80%								
75%								
70%	K							
65%	K	K						
60%	K	K	K					
55%	K	K	K	K				
50%	K	K	K	K	K			
45%	K	K	K	K	K	K		
40%	K	K	K	K	K	K	K	
35%	K	K	K	K	K	K	K	K
30%	K	K	K	K	K	K	K	K
25%	K	K	K	K	K	K	K	K
20%	K	K	K	K	K	K		
15%	K	K	K	-B	-B	-B		
10%	-B	-B	-B	-B	-B	-B		
5%	-B	-B	-B	-B	-B	-B		
0%	-B	-B	-B	-B	-B			
доля B Т, лет	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5

Рис. 6.9. Влияние длительности поисковых НИР и распределения объемов продаж на стимулы к кооперации (преимущество игрока А в стоимости и длительности ТПП)

Суммируя наблюдения, сделанные на основе модельных расчетов, можно сделать следующие обобщения. Если на конкурентной стадии интересы какого-либо игрока будут сильно ущемлены, он предпочтет проводить поисковые НИР самостоятельно – в надежде на выигрыш во временной конкуренции и получение монопольной прибыли. Причем, он сможет оставаться монополистом в течение длительного времени, если ожидаемая длительность поисковых НИР велика. Если же она, в такой неравноправной ситуации, очень мала, данный игрок не имеет значимых шансов на длительное монопольное присутствие, и, будучи практически обреченным на малые объемы продаж почти с самого начала ЖЦИ, возможно, предпочтет покинуть данный сегмент рынка. Заведомо неравноправные условия не способствуют взаимовыгодной кооперации, поскольку при этом игрок, интересы которого на стадии продаж ущемлены, фактически, лишь передает результаты своих НИР (что особенно критично при наличии у него ключевых компетенций в отдельных направлениях) более сильному конкуренту. Эти соображения необходимо принимать при выработке политики России в сфере международного научно-технического сотрудничества. Как будет показано ниже, некоторые дисфункции управления инновационными проектами в отечественной наукоёмкой промышленности приводят к заведомо невыгодному для нее исходу международной кооперации в соответствии с предложенной моделью.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 6

Анализ особенностей реализации высокорисковых поисковых исследований позволяет сделать следующие выводы:

- Сроки достижения успеха поисковых исследований при реализации радикальных инновационных проектов являются чрезвычайно неопределенными, что порождает риск увеличения длительности НИР и проигрыша во временной конкуренции. Этот риск можно сократить за счет диверсификации поисковых НИР. Для снижения ожидаемых длительности и стоимости НИР, а также рисков их увеличения, диверсификация может оказаться эффективнее, чем форсирование НИР путем увеличения объемов финансирования.

- Оптимальное число направлений поисковых НИР возрастает по мере увеличения ожидаемой длительности достижения успеха поискового проекта и снижения затрат на финансирование проекта.

При увеличении ожидаемой длительности достижения успеха поискового проекта, диверсификация направлений поиска позволяет существенно сократить потери прибыли фирмы, вызванные проигрышем во временной конкуренции.

- Вопреки распространенному стереотипу, открытость информации об успехе поисковых НИР может быть полезной как для аутсайдеров инновационной гонки, так и для самого лидера. При этом конкурентная разведка призвана снизить риск ложного сообщения об успехе НИР.

- На стадии поисковых НИР конкуренты могут объединяться для обеспечения инновационного прорыва и сокращения длительности НИР. Такая кооперация может быть выгодна и слабым, и сильным участникам. Однако, если на стадии продаж доля какого-либо производителя заведомо мала, кооперация для него невыгодна. Причем, чем выше ожидаемая длительность поисковых НИР (т.е. чем жестче условия), тем меньше стимулов к кооперации для данного игрока. Проводя поисковые НИР самостоятельно, он получает шанс выйти на рынок раньше и стать монополистом, причем, если длительность поискового проекта высока, период монопольного присутствия на рынке будет выше. Этот эффект противоречит стереотипному представлению, согласно которому любое ужесточение условий работы предприятий усиливает стимулы к кооперации.

Глава 7. Экономические проблемы совместной разработки сложной наукоемкой продукции

7.1. РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР В НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОБЛЕМА ФРАГМЕНТАЦИИ ЗНАНИЙ

Переход к открытой конфигурации изделий, модульная конструкция сложной продукции открывает возможность ее разработки и производства не только на вертикально интегрированных предприятиях полного цикла (см. рис. 7.1), но и в рамках *матричных* и *сетевых организационных структур* (см. рис. 7.2).



Рис. 7.1. Традиционная структура наукоемкой промышленности с вертикально интегрированными предприятиями



Рис. 7.2. Сетевые организационные структуры и фрагментация технологических цепочек

В таких структурах выделяются специализированные поставщики комплектующих изделий и производственных услуг, а также системные интеграторы-носители бренда, поставляющие финальные изделия или услуги потребителям. Предприятия-участники технологических цепочек объединяются в альянсы «вокруг» определенных типов финальных изделий, сохраняя, тем не менее, независимость. В рамках альянса имеет место *вертикальная кооперация*, т.е. участники разрабатывают и производят разные элементы одного сложного изделия. Как показано в ряде работ (например, [66, 93]), переход от жесткой вертикальной интеграции к сетевым организационным структурам дает возможность сокращения себестоимости благодаря повышению масштабов выпуска и ассортимента продукции специализированных производителей. Что касается негативных последствий такого изменения структуры предприятий и отраслей, прежде всего, обращают внимание на повышение транзакционных издержек, а также контрактных рисков. Соответствующие аспекты достаточно глубоко исследованы в работах известных ученых институциональной школы – прежде всего, О. Уильямсона, основоположника транзакционного подхода к объяснению феномена фирмы и ее границ (*TCE, Transaction Cost Economics*, экономика транзакционных затрат), нобелевского лауреата 2009 г., см. [141]. Однако развитие информационных технологий – прежде всего, технологий безбумажного информационного обмена, *CALS (Continuous Acquisition and Lifecycle Support*, непрерывная информационная поддержка жизненного цикла) – позволяет сократить влияние негативных институциональных факторов до приемлемого уровня, см. [63]. Системные интеграторы могут формировать т.н. *виртуальные предприятия* с переменным составом *агентов*, т.е. специализированных поставщиков. Возможность быстрой и дешевой замены агента подавляет его оппортунистические устремления. Таким образом, в настоящее время складываются экономические, технологические, институциональные условия для перехода к матричным и сетевым организационным структурам отраслей и отраслевых комплексов. Как можно увидеть, сравнивая рис. 7.1 и 7.2, это означает *фрагментацию* технологических цепочек, уже происшедшую во многих

высокотехнологичных отраслях мировой экономики, см. [30]. Более того, существуют экономические предпосылки для ее дальнейшего углубления – от уровня функциональных модулей и агрегатов изделия до уровня элементной базы и отдельных дорогостоящих технологических операций, которые могут быть унифицированы в межотраслевом масштабе.

В то же время, фрагментация технологических цепочек таит в себе еще целый ряд менее очевидных рисков, помимо контрактных. Прежде всего, она сопровождается фрагментацией знаний, что особенно критично в наукоемких отраслях. Специализация, безусловно, позволяет предприятию накопить значительный опыт разработки и производства определенных компонентов изделия, приобрести исключительную компетентность в своей области, недостижимую для предприятия, производящего финальное изделие по полному циклу. Однако при этом есть риск потери системного представления о продукте в целом. Безусловно, таким представлением должен обладать системный интегратор, который осуществляет управление проектом. Но формирование целостного представления об изделии затрудняется вследствие аутсорсинга разработки и производства большинства компонент. Т.е., помимо хорошо изученных транзакционных барьеров, возникает *когнитивный барьер*¹. В последние десятилетия в наукоемкой промышленности развиваются технологии *параллельного проектирования* сложных изделий и систем. В их основе лежит декомпозиция глобальной задачи оптимального проектирования финального изделия на локальные задачи оптимального проектирования компонентов (подробнее см., например, [25]). Однако такая декомпозиция возможна лишь для систем с заданной структурой. Если же для достижения глобального оптимума потребуется изменение структуры изделия, т.е. исключение определенных компонентов и/или включение новых, оно недостижимо в рамках описанного подхода. Например, специализированный производитель турбинных или компрессорных лопаток для газотурбинных двигателей может обеспечить наивысший достижимый уровень их конструктивного совершенства, низкую себестоимость, высокое качество и т.п. Однако вряд ли он предложит перейти к *прямоточному воздушно-реактивному двигателю*, ПВРД (подробнее см., например, [119]), в газоздушном тракте которого отсутствуют компрессор, турбина и соответствующие лопатки. Можно возразить, что такое решение может и должен предложить системный интегратор, обладающий видением продукта в целом и перспектив его развития. Однако нет никакой гарантии, что такое видение у него действительно сформируется в условиях глубокой фрагментации технологических цепочек.

Собственные интересы специализированных предприятий-поставщиков могут препятствовать оптимальному изменению конфигурации изделий. В ряде случаев кардинальное изменение конструкции изделия не влечет за собой исключения из технологических цепочек тех или иных участников. Так, переход элементной базы электроники с вакуумных ламп на полупроводниковые приборы не изменил принципиально структуры финальных изделий – место ламп-диодов, триодов и т.п. заняли полупроводниковые диоды и транзисторы. Т.е. существует хотя бы принципиальная возможность конверсии предприятий-производителей электронных ламп и их перехода на выпуск полупроводниковых элементов, затем – микросхем и т.д. Однако в ряде случаев сама конфигурация изделия меняется столь радикально, что какие-то участники технологических цепочек уже в принципе не найдут себе места. Можно привести хотя бы использованный ранее пример производителей лопаток, которые в принципе отсутствуют в прямоточных реактивных двигателях (за исключением двигателей комбинированных схем). Естественно, опасаясь потери рынка, специализированные предприятия-производители не сообщают системному интегратору о возможности радикального изменения конфигурации изделия, даже если сами будут знать о такой возможности.

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

¹ Аналогичный термин используется в психологии и педагогике, однако применительно к инновационным исследованиям и разработкам данный термин впервые введен автором совместно с Е.Ю. Байбаковой [10].

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

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

- стоимость НИОКР;
- стоимость ТПП;
- стоимость серийного производства,

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

В конечном счете, необходимо выработать рекомендации по оптимальной организации разработки сложных изделий, по выбору между вертикальной интеграцией в сфере НИОКР и аутсорсингом разработки отдельных компонент. С одной стороны, аутсорсинг НИОКР позволяет воспользоваться ключевыми компетенциями специализированных предприятий в разработке отдельных компонент, улучшая качество их проектирования, удешевляя и ускоряя НИОКР. Возможность ускорения разработки изделий и обеспечения временного лидерства на рынке является чрезвычайно важной в наукоемких отраслях. С другой стороны, в силу описанной проблемы когнитивного барьера, самостоятельная разработка всего финального изделия системным интегратором обеспечивает лучшую согласованность получаемых проектных решений, чем аутсорсинг разработки отдельных компонент и агрегатов. Естественно, оптимальная организация разработки сложных изделий будет зависеть от специфики этих изделий, а также от стадии жизненного цикла используемых технологий. Здесь имеется в виду не жизненный цикл изделия (ЖЦИ), а, фактически, жизненный цикл определенного технологического уклада (ЖЦ ТУ). На протяжении этого жизненного цикла может смениться несколько поколений изделий. Помимо уже отмеченного немонотонного изменения высоты когнитивного барьера по мере углубления фрагментации, можно предположить, что его высота будет неодинаковой на различных стадиях ЖЦ ТУ. Когда технологии достигают зрелости, можно считать, что рациональная структура сложных изделий определилась, хорошо известна руководству и персоналу предприятий – системных интеграторов. При этом оптимизация разработки и производства изделия сводится, главным образом, к эволюционному совершенствованию его компонент и снижению издержек их выпуска. Такая задача успешно решается в рамках матричных, сетевых структур с глубокой специализацией предприятий (соответственно, с глубокой фрагментацией технологических цепочек). Однако в периоды смены технологических укладов, осуществления радикальных продуктовых инноваций может оказаться более целесообразным создавать инновационный продукт в рамках вертикально интегрированной структуры, контролируя разработку (а иногда и производство) всех необходимых компонент и производственных услуг. Это потребует от системного интегратора содержания исследовательских и опытно-конструкторских мощностей, избыточных по меркам периодов зрелости

технологии. Однако только такая стратегия позволит найти резервы радикального улучшения характеристик инновационной продукции.

7.2. ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОГНИТИВНОГО БАРЬЕРА

Количественная модель когнитивного барьера должна отражать вышеописанные качественные особенности данного явления. Для формального анализа обсуждаемой проблемы совместно с Е.Ю. Байбаковой был предложен следующий подход. Пусть сложное изделие включает в себя элементарные компоненты (детали, элементарные производственные операции) $i = 1, \dots, n$. Степень взаимосвязи между ними можно описать квадратной матрицей размерностью $n \times n$. Понимание этих связей, т.е. комплексное представление о продукте, позволяет по каждой компоненте выбрать оптимальное, с глобальной точки зрения, проектное решение, в т.ч., возможно, и решение об исключении данной компоненты. В противном случае, когда решаются независимые задачи оптимизации каждой компоненты (естественно, без возможности ее исключить), неучет взаимосвязи между компонентами i и j приводит к потере прибыли от реализации нового изделия, равной $\Delta\pi_{ij}$. Именно прибыль от реализации за весь ЖЦИ считается здесь интегральным показателем качества проектирования.

Общее количество взаимосвязей между компонентами финального изделия описывается следующей формулой:

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

Если системный интегратор закупает у специализированных поставщиков m агрегатов финального изделия, каждый агрегат содержит, в среднем, $\frac{n}{m}$ элементов. Будем считать, что отдельный поставщик оптимизирует свой агрегат с позиций глобального оптимума для финального изделия в целом. При этом отдельный поставщик изучает и оптимизирует, в среднем, $\frac{n}{m} \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2$ связей. Все поставщики в сумме оптимизируют $m \cdot \frac{n}{m} \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2 = n \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2 = \frac{n \cdot (n-m)}{2m}$ связей. Кроме того, сам системный интегратор согласует «входы» и «выходы» закупаемых агрегатов, что добавляет еще $\frac{m \cdot (m-1)}{2}$ взаимосвязей. Итого общее число взаимосвязей, учтенных в процессе НИОКР, выражается следующей формулой:

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

Соответственно, число неучтенных взаимосвязей равно следующей разности:

$$\begin{aligned} S_{uncons}(n; m) &= S_{\Sigma}(n) - S_{cons}(n; m) = \frac{n \cdot (n-1)}{2} - \frac{m \cdot (m-1)}{2} - \frac{n \cdot (n-m)}{2m} = \\ &= \frac{m \cdot n \cdot (n-1) - m^2 \cdot (m-1) - n \cdot (n-m)}{2m} = \frac{(m-1) \cdot (n^2 - m^2)}{2m}, \quad m = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (7.1)$$

Полученное выражение изменяется немонотонным образом по мере увеличения числа закупаемых агрегатов m от 1 до n . Заметим, что оба эти крайних значения соответствуют централизованному проектированию всего изделия (хотя случай $m=1$ практически является вырожденным: он означает, что системный интегратор закупает изделие в целом у другого системного интегратора), и в этих случаях, как и следовало ожидать, неучтенных взаимосвязей нет

$(S_{uncons}(n;1) = S_{uncons}(n;n) = 0)$. В промежуточных точках полученная функция сначала резко возрастает, а затем начинает плавно убывать, см. рис. 7.3.

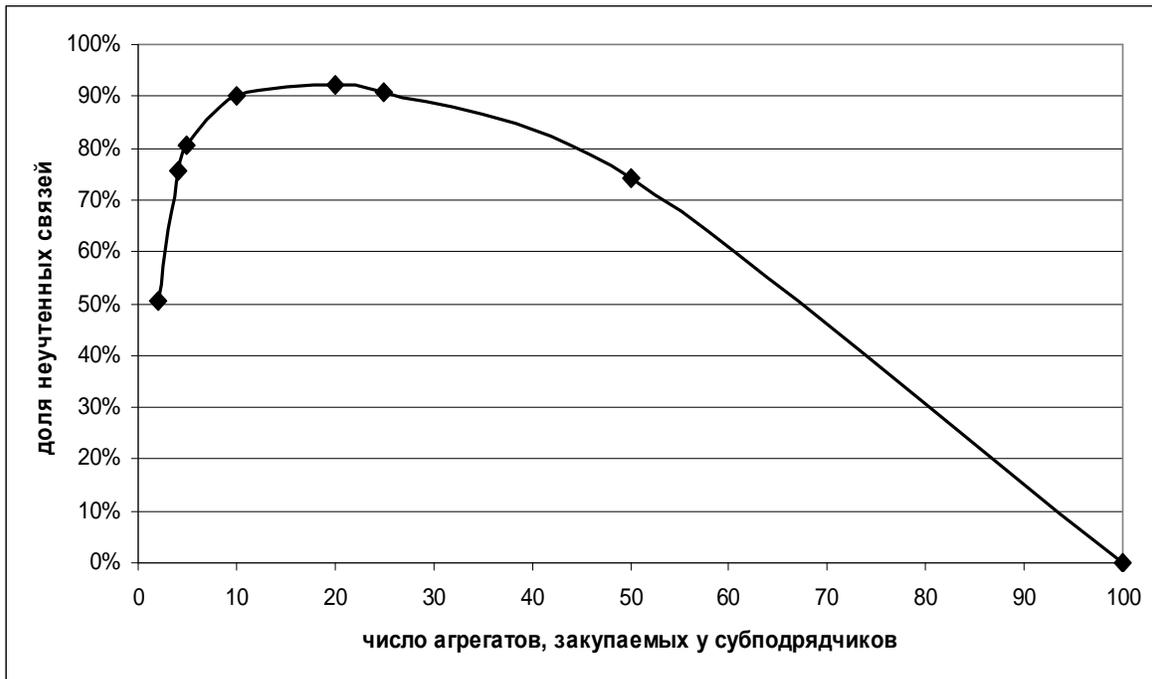


Рис. 7.3. Изменение высоты когнитивного барьера по мере углубления фрагментации технологических цепочек ($n = 100$)

Заметим, что немонотонный характер полученной зависимости отражает отмеченную выше немонотонность изменения высоты когнитивного барьера по мере углубления фрагментации технологических цепочек. Причем, наиболее высоким этот барьер, действительно, будет в том случае, если системный интегратор закупает у поставщиков крупные ($m \ll n$) законченные функциональные блоки.

Далее необходимо описать потери из-за неучета тех или иных взаимосвязей, а также затраты на их учет в процессе разработки нового изделия. Будем считать, что неучет взаимосвязей приводит к потере прибыли от реализации изделия относительно максимально достижимого уровня (глобального оптимума). На ранних стадиях жизненного цикла новой технологии величины $\{\Delta\pi_{ij}\}$, определяющие значимость связей между теми или иными компонентами, еще неизвестны. Строго говоря, планируя НИОКР по изделию в целом и по отдельным его компонентам, системный интегратор руководствуется лишь своей субъективной оценкой значимости той или иной связи $\{\Delta\hat{\pi}_{ij}\}$. Вначале (в момент времени $t = 0$, считая от начала ЖЦ ТУ) все связи априори полагаются равноценными: $\Delta\hat{\pi}_{ij}(0) \equiv \Delta\pi_0$, где $\Delta\pi_0$ - априорная оценка значимости связи между элементами. По мере накопления опыта разработки, производства и эксплуатации изделий, оценки стремятся к своим истинным значениям $\{\Delta\pi_{ij}\}$ - например, по аperiodическому закону следующего вида:

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

Параметр λ можно трактовать как темп накопления знаний об изделии и взаимосвязи его элементов. Планируя организацию НИОКР, системный интегратор принимает решение о том, следует ли учитывать ту или иную связь между элементами, или она является малозначительной. Пусть известна среднестатистическая стоимость учета одной связи в процессе проектирования

изделия \bar{c}_{link} . Тогда, если $\Delta\hat{\pi}_{ij}(t) > \bar{c}_{link}$, связь между компонентами i и j считается важной и учитывается в процессе проектирования и системной интеграции. В самом начале ЖЦ ТУ все связи априори считаются значащими: $\Delta\pi_0 > \bar{c}_{link}$ и учитываются в процессе проектирования финального изделия. Т.е. в начале ЖЦ ТУ системному интегратору выгоднее самостоятельно вести НИОКР по всему изделию в целом (как и предполагалось в качественных рассуждениях, предшествовавших построению данной модели). Однако по мере накопления знаний об изделии как целостной системе, часть связей оказывается малозначительными (поскольку для этих связей фактически $\Delta\pi_{ij} < \bar{c}_{link}$) и исключается из рассмотрения, см. рис. 7.4.

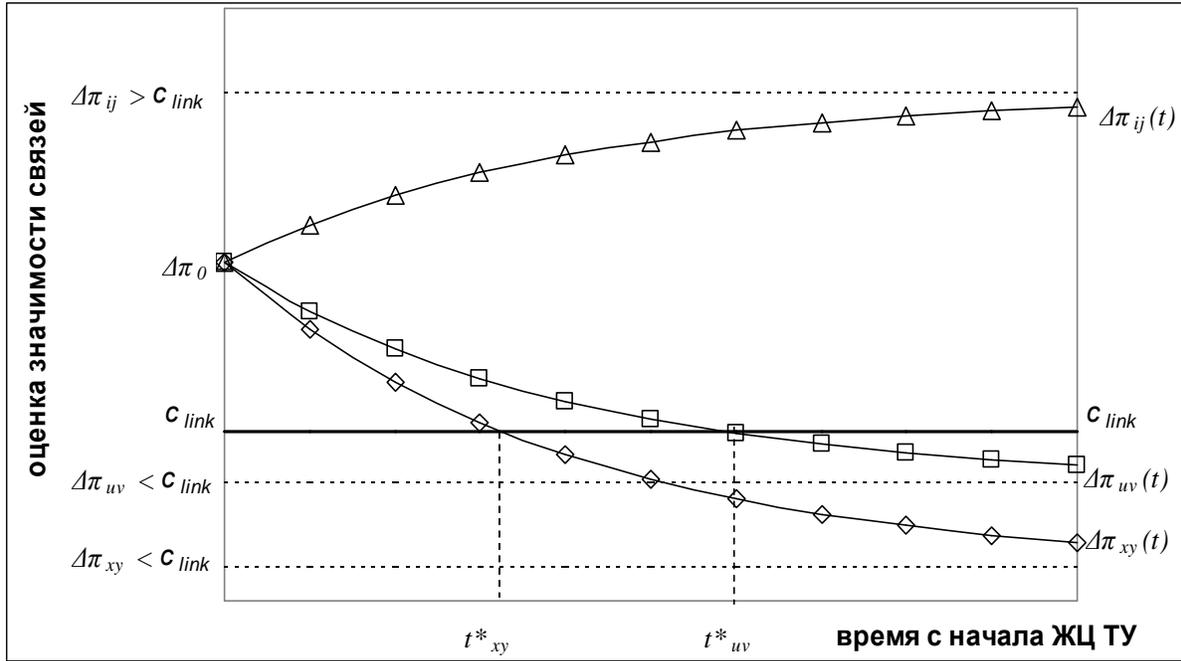


Рис. 7.4. Изменение со временем оценки значимости взаимосвязей между элементами изделия (пример)

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

$$\Delta\hat{\pi}_{ij}(t_{ij}^*) = \Delta\pi_{ij} + (\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) \cdot e^{-\lambda \cdot t_{ij}^*} = \bar{c}_{link}, \Rightarrow e^{\lambda \cdot t_{ij}^*} = \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}}, \text{ или}$$

$$t_{ij}^* = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}} = \frac{1}{\lambda} \cdot \left[\ln(\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) - \ln(\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}) \right].$$

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

$$S_{unsuff}(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \delta_{ij}(t), \quad (7.2)$$

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

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

7.3. ЭВОЛЮЦИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ РАЗРАБОТКИ И ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

На первый взгляд, для того, чтобы определить рациональную глубину фрагментации технологической цепочки на той или иной стадии ЖЦ новой технологии, достаточно сопоставить число незначущих связей $S_{unsuff}(t)$, вычисленное по формуле (7.2), с зависимостью $S_{uncons}(n; m)$, определяемой формулой (7.1), и найти соответствующее число агрегатов $m^*(t)$, на которые целесообразно делить финальное изделие в данный момент t . Однако зависимость $S_{uncons}(n; m)$ от m - немонотонна, и в принципе, решение может быть неединственным, см. рис. 7.3. Как трактовать возможный неоднозначный результат?

Прежде всего, заметим, что уже при $m = 2$ доля неучтенных связей между элементами двух «черных ящиков» составит около 50%, и при дальнейшем углублении фрагментации будет только возрастать. Следовательно, если к началу разработки второго (после начала освоения принципиально новой технологии) поколения изделий более половины взаимосвязей между элементами еще считается существенными (т.е. $S_{unsuff}(t) < \frac{S_{\Sigma}}{2}$), это поколение изделий почти полностью разрабатывает системный интегратор (считается, что первое поколение он вынужден был разрабатывать полностью самостоятельно). Допустимое число агрегатов, которые разрабатываются и поставляются специализированными производителями, довольно велико и близко к n . Т.е. возможен лишь аутсорсинг разработки относительно простых агрегатов, а не крупных функциональных модулей изделия, что соответствует движению «справа налево» на рис. 7.5.

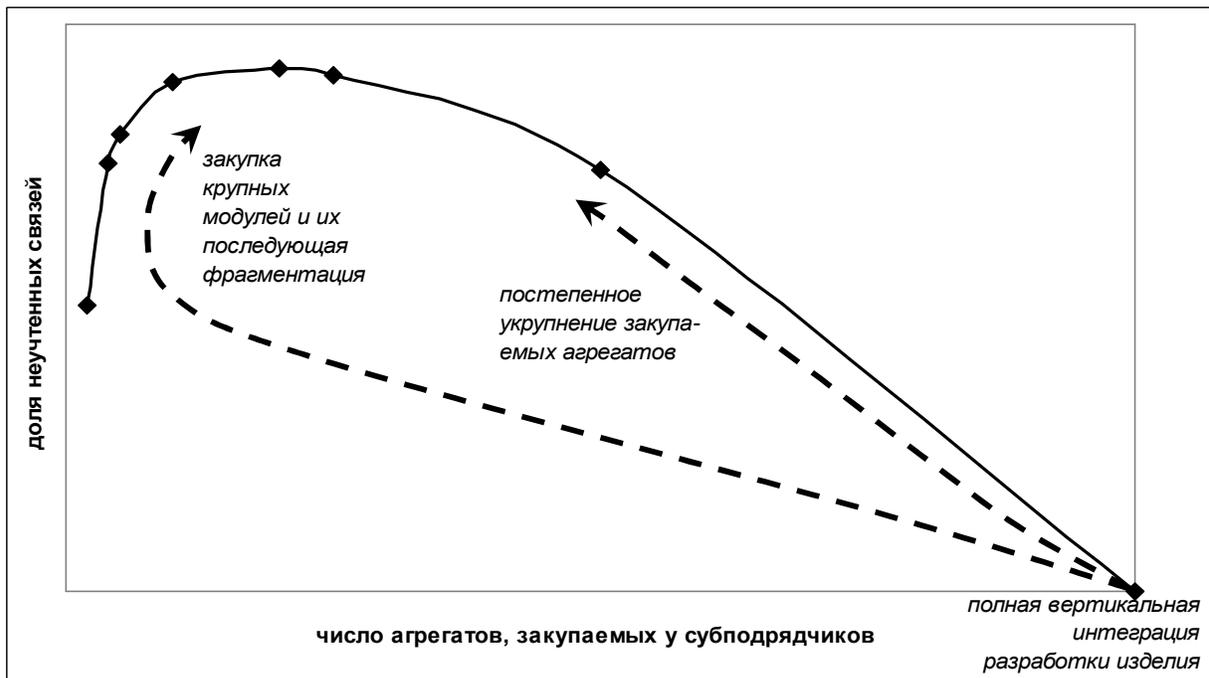


Рис. 7.5. Траектории изменения оптимальной организации НИОКР со временем

В противоположном случае возможно, что по мере накопления знаний о структуре изделия, сравнительно быстро выделится несколько крупных фрагментов технологической цепочки, которые при создании последующих поколений будут измельчаться далее с образованием цепочки субподрядов (движение «слева направо» на рис. 7.5). Т.е. развитие событий зависит от темпа накопления знаний о взаимосвязях элементов финального изделия λ . Если он низок (по сравнению с частотой смены поколений изделий), гораздо вероятнее постепенное укрупнение агрегатов, закупаемых системным интегратором у независимых поставщиков, а не фрагментация крупных модулей.

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

Так, например, на современных гражданских самолетах традиционной компоновки авиадвигатели представляют собой именно такие законченные функциональные модули, разрабатываемые и производимые независимо от воздушных судов, на которых они устанавливаются. Даже их расположение (подвеска на пилонах под крылом) позволяет использовать на одной модели самолета двигатели конкурирующих производителей, и наоборот. Разработчики самолетов предъявляют требования к двигателям, фактически, как к «черному ящику» - оговариваются тягово-динамические, массогабаритные, расходные и некоторые другие характеристики, но не конкретная конструкция и технологии изготовления. На истребителях, где двигатели уже занимают значительную долю объема планера, степень интеграции самолета и двигателя гораздо сильнее, и приходится согласовывать их конструкцию по аэродинамическим, компоновочным и др. соображениям. Если же рассмотреть перспективные проекты авиадвигателей для гиперзвуковых летательных аппаратов, в частности – прямоточные двигатели внешнего сгорания, в этих конструкциях определенные части планера одновременно выполняют роль элементов двигателя (см. [119]), и разделение их разработки (как и производства) становится принципиально невозможным.

Поскольку в данной главе рассматриваются современные сетевые организационные структуры промышленности, в ней же уместно поставить вопрос: что выгоднее (для предприятия или национальной экономики в целом) – разрабатывать и производить высокотехнологичные комплектующие изделия и производственные услуги, либо выступать в качестве системного интегратора? Например, насколько выгодно и рискованно авиастроительной компании «Сухой» становиться системным интегратором регионального самолета *SuperJet-100*, в котором почти 80% комплектующих изделий (по стоимости) – импортные? И наоборот, насколько выгодно и рискованно российским предприятиям специализироваться на каких-либо комплектующих изделиях, производимых практически полностью на экспорт? Помимо хорошо описанных в литературе рисков, связанных с внешнеэкономической деятельностью как таковой, нужно принимать во внимание специфику наукоемкой промышленности. Если рассматривать системных интеграторов и поставщиков как звенья технологических цепочек (промежуточные и конечные), можно дать следующий ответ на поставленный выше вопрос: наибольшая доля добавленной стоимости (и, соответственно, доход) достанется самому инновационно-активному звену, на данной стадии жизненного цикла технологического уклада.

Если поставщики комплектующих изделий могут заниматься, в основном, технологическими инновациями, то системные интеграторы – организационными¹. Как правило, на завершающих стадиях ЖЦ ТУ на первый план выходят именно организационные инновации. Яркий пример – компьютеры *Apple*, которые считаются образцом инновационности, хотя: сами по себе они собраны на той же элементной базе, что и продукция конкурентов, нет кардинальных различий в архитектуре и в идеологии программного обеспечения. Однако неверно считать преобладание организационных

¹ Процессными или продуктовыми – эта классификация здесь не вполне актуальна, поскольку композитный продукт с длительным ЖЦ включает в себя не только изделия, но и услуги ТОиР, т.е. процессы.

инноваций над технологическими долгосрочной и необратимой тенденцией, «концом истории». Если принять эту точку зрения, тогда наиболее развитые страны мира в принципе должны отказаться от разработки и производства всех материальных благ, оставив за собой только маркетинг, рекламу и логистику¹. Тем не менее, они активно занимаются и техническими разработками, рассчитывая на то, что при смене ТУ большой выигрыш могут получить начальные и промежуточные звенья производственных цепочек, в которых реализуются технологические инновации. В то же время, в этот период, как показывает проведенный выше анализ феномена когнитивного барьера, инновационному лидеру иногда бывает целесообразно взять на себя и роль системного интегратора (за исключением тех редких случаев, когда прогресс затрагивает лишь строго определенную часть изделия, не меняя качественно его структуры).

Кроме того, наблюдавшиеся до сих пор ТУ (при всей условности их деления, см. п. 1.3.3) неоднородны по своему составу, по сути технологий, которые являлись в этих ТУ «инновационными локомотивами». И, например, пятый ТУ, в основе которого лежали информатизация и компьютеризация, оказал решающее влияние на структуру промышленности в «традиционных», далеких от электроники отраслях – например, в машиностроении. Благодаря снижению транзакционных издержек стало возможным реализовать новые организационные стратегии – перейти к сетевым структурам, организовать виртуальные производственные объединения. С одной стороны, это организационные инновации, но с другой – они стали возможными благодаря технологическим инновациям (развитию электронной техники, компьютеров, средств связи и т.п.). Т.е. такое бурное развитие организационных структур, которое наблюдалось на рубеже XX-XXI веков, могло иметь место именно в период преобладания определенного ТУ. И утверждать, что в конце всякого ТУ будут преобладать именно организационные инновации, некорректно.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 7

Анализ проблем координации НИОКР при совместной разработке сложных наукоемких изделий показал следующее:

- При разработке сложных изделий несколькими участниками может наблюдаться *когнитивный барьер* – потеря целостного представления об изделии и взаимосвязях его компонент. Он ограничивает специализацию на стадии НИОКР и углубление фрагментации технологических цепочек. Когнитивный барьер наиболее высок, если системный интегратор закупает у поставщиков крупные функциональные модули изделия.

- На ранних стадиях жизненного цикла технологического уклада целесообразна интеграция разработки изделия в целом. По мере накопления знаний о взаимосвязях элементов изделий, становится допустимой более глубокая фрагментация технологической цепочек, и в сфере НИОКР может шире применяться аутсорсинг.

¹ При этом возникает вопрос: а возможно ли неограниченное инновационное развитие в данной сфере, если не будет технологических инноваций? Отчасти попытка ответить на этот вопрос была предпринята в п. 4.3, где обсуждались пределы роста «производства впечатлений».

Глава 8. Принципы эффективной организации разработки и подготовки производства новой продукции

8.1. НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ РАБОТ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

8.1.1. Проблемы обеспечения стабильности загрузки исследовательских и конструкторско-технологических подразделений

Жизненный цикл одного типа наукоемких изделий может длиться 20-30 лет и более, в то время, как собственно этап НИОКР – 5-10 лет. Это ни в коем случае не должно означать простоя исследовательских, конструкторских и технологических подразделений в течение всего периода серийного производства и продаж. Столь длительный простой, очевидно, приведет к полной деградации кадрового, научного, технологического потенциалов (и, к сожалению, примеры подобных ситуаций встречались в отечественной наукоемкой промышленности в последние годы). Поскольку необходимо обеспечивать стабильную загрузку мощностей (не только производственных, но также исследовательских и конструкторских), наукоемким предприятиям целесообразно реализовать диверсифицированный портфель проектов в разных размерностях, с перекрывающимися жизненными циклами. Например, авиастроительная компания может на протяжении 2010-2020 гг. разрабатывать новое семейство среднемагистральных самолетов, а после начала их серийного выпуска в 2020-2025 гг. приступить к разработке нового семейства широкофюзеляжных лайнеров (возможно, на основе задела, созданного в рамках предыдущей программы, пользуясь их технологической общностью), и т.п. Помимо обеспечения стабильности загрузки всех подразделений, такая «волновая» стратегия также решает ряд финансовых проблем: поток выручки от продажи серийно производимых изделий может использоваться для финансирования разработки и освоения производства других продуктов. Таким образом, сокращается потребность в заемных средствах (которые, в силу высоких рисков и длительности периода возврата, пришлось бы привлекать под высокий процент), а также снижается острота проблемы реинвестирования свободных средств. Подчеркнем, что реализовать такой диверсифицированный портфель проектов может только крупная, многопрофильная компания.

Однако описанная «волновая» динамика загрузки различных подразделений проектами, находящимися на разных стадиях ЖЦ, требует от этих подразделений универсальности, позволяющей выполнять работы по разработке, производству и т.п. изделий различных типоразмеров. В производстве эта проблема решается на удовлетворительном уровне за счет гибкости и универсальности оборудования и технологий (хотя, разумеется, существуют специализированные, продуктоориентированные виды оборудования, технологической оснастки и т.п.). Правомерна ли аналогичная схема в сфере НИОКР? С одной стороны, и здесь есть технологически или проблемно ориентированные специалисты и подразделения (например, в авиастроительных КБ – отделы аэродинамики, прочности, динамики полета и систем управления, и т.п.), способные решать соответствующий круг проблем применительно к любому типоразмеру изделий. С другой стороны, существует и специфика различных типоразмеров и классов изделий, т.е. необходимы также «продуктоориентированные» специалисты (в авиастроительных КБ – прежде всего, главные конструкторы по соответствующим типам изделий). На первый взгляд, для них вполне возможно сохранение продуктовой специализации на протяжении всего ЖЦИ, поскольку после освоения серийного производства данного типа изделий потребуются его доводка, модернизация, разнообразные виды конструкторского сопровождения в эксплуатации. Однако длительность ЖЦИ в авиастроении сравнима с длительностью периода активной работы специалиста, причем, именно на начальные стадии ЖЦИ приходится решение наиболее принципиальных проблем, определяющих долговременный успех проекта в целом. Как правило, на начальном этапе своей карьеры специалист еще не способен в полной мере взять на себя ответственность за решение таких принципиальных проблем. Поэтому целесообразно организовать его профессиональный рост таким образом, чтобы в начале трудовой биографии он сопровождал развитие какого-либо продукта под руководством опытного наставника, а во время следующей «волны» уже сам играл ведущую роль. В то же время, при этом, возможно, обучающий пример и первый самостоятельный опыт будут относиться к разным классам изделий, обладающим различной спецификой, которую специалисту придется изучать дополнительно, общаясь с другими наставниками. Последние, возможно, не будут в данный период разрабатывать изделие – лишь сопровождать его в эксплуатации, однако это будет изделие именно того класса, новое поколение которого будет создаваться уже под руководством данного

специалиста. Описанные проблемы кадрового обеспечения инновационных разработок чрезвычайно актуальны для многих отраслей наукоемкой промышленности, выпускающих сложную продукцию с длительным жизненным циклом.

8.1.2. Экономическая эффективность применения новых технологий в исследованиях, разработке и подготовке производства новой продукции

В рамках предложенного в пп. 6.1-6.2 модельного подхода можно оценить эффективность ряда инноваций в сфере самих инновационных разработок. Внедрение новых исследовательских методов и технологий (прежде всего, информационных технологий, компьютерного моделирования вместо натурального эксперимента, и т.п.) может привести к сокращению характерного срока достижения успеха поисковых НИР t . Среднегодовая стоимость финансирования каждого поискового проекта $C_{проект}$ при этом может как сократиться, так и возрасти. Представленные в пп. 6.1-6.2 экономико-математические модели позволяют оценить, оправдано ли возможное удорожание НИР выигрышем во временной конкуренции. Описанная в главе 2 дилемма между временным и качественным превосходством новой продукции может быть решена, благодаря новым технологиям, на более предпочтительном уровне.

Разработка и подготовка производства новой продукции были одной из первых областей массового применения информационных систем и технологий в наукоемкой и высокотехнологичной промышленности. Основной класс информационных систем, применяемых на этих этапах ЖЦИ – системы автоматизированного проектирования (САПР), причем, не только конструкции изделий (САПР-К, конструкторские САПР), но и технологии их изготовления (САПР-Т, технологические САПР). Внедрение информационных технологий в практику ОКР и ТПП позволяет сократить длительность этих этапов и, возможно (но не обязательно, подробнее см. [63, 97]) – их стоимость. Соответствующие аспекты подробно описаны в работе [63], посвященной анализу экономической эффективности САПР-технологий в авиационной промышленности. Оценка экономической эффективности внедрения информационных технологий на стадиях ОКР и ТПП получена на основе модели временной конкуренции на рынках наукоемкой продукции. Но, если аналогичная модель на стадии поисковых НИР учитывает их случайную продолжительность (считается, что внедрение прогрессивных технологий позволяет сократить ожидаемую длительность достижения успеха), то на стадиях ОКР и ТПП и длительности соответствующих этапов, и их сокращение благодаря внедрению информационных технологий считаются в первом приближении детерминированными. Однако в реальности и эти стадии сопряжены с техническими рисками, которые могут снижаться благодаря внедрению новых технологий и принципов организации ОКР и ТПП.

8.2. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕГРАЦИИ РАЗРАБОТКИ И ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Современные информационные технологии не только позволяют автоматизировать трудоемкие расчеты и процедуры проектирования изделий и технологических процессов. Они открывают возможности перехода к новой, более эффективной организации инновационных разработок в наукоемкой промышленности. Так, например, хотя в традиционной структуре жизненного цикла наукоемкой продукции технологическая подготовка производства следует за разработкой изделия (см. п. 1.1), целесообразно начинать ТПП и развитие производственных мощностей не по окончании НИОКР, а еще в ходе ОКР. Т.е. эти два этапа ЖЦИ должны, по возможности, перекрываться. Это обеспечивает два основных преимущества:

1) Сокращается ожидаемая общая продолжительность предпроизводственных стадий ЖЦИ, поскольку значительная часть ТПП может быть проведена еще до официальной передачи конструкторской документации на завод-изготовитель. Иначе говоря, ТПП выполняется практически параллельно ОКР. Аналогично, заранее можно начать и некоторые процессы технического перевооружения производства (как правило, достаточно длительные).

2) Снижается риск принятия на стадии ОКР технологически нереализуемых или неэффективных конструктивных решений – благодаря итеративному согласованию конструкторских решений и

технологических возможностей. Это, в свою очередь, также позволяет сократить ожидаемую длительность НИОКР и ТПП, риск ее увеличения и риск перерасхода средств.

Подчеркнем, что возможности интеграции ОКР и ТПП, интерактивного диалога конструкторов и технологов появляются именно благодаря внедрению CALS-технологий. Они обеспечивают целостность данных об изделии в едином информационном пространстве (ЕИП), и предоставляют технологам информацию обо всех изменениях конструкции изделия в реальном масштабе времени (и, что немаловажно, в виде, пригодном для автоматизированного анализа конструкции на технологичность с помощью технологических САПР).

Количественные оценки эффективности интеграции ОКР и ТПП можно получить в рамках следующего подхода. Разделим ОКР и ТПП на этапы, причем, по завершении каждого этапа ОКР появляется возможность выполнить определенный этап ТПП (прежде всего, разумеется, это касается разработки технологических процессов, а не развития производственных мощностей¹). В свою очередь, выполнение определенных этапов ТПП позволяет выявить ошибки, которые с некоторой вероятностью могли быть допущены в ходе ОКР. Поскольку благодаря интеграции ОКР и ТПП они исправляются раньше, а не по завершении всего комплекса ОКР, снижаются ожидаемые потери времени и средств.

Важно подчеркнуть, что здесь рассматривается лишь определенный класс конструкторских ошибок – ошибки, приводящие к снижению технологичности изготовления изделия или даже невозможности его изготовления в рамках имеющихся технологий. Кроме того, считается, что такие ошибки могут выявляться лишь в ходе ТПП, при разработке технологических процессов, а не в ходе дальнейшей разработки конструкции, т.е. еще на этапе ОКР. Однако эти упрощения могут быть при необходимости сняты, и предлагаемый подход можно использовать для анализа эффективности различных организационных и технологических решений, позволяющих выявлять ошибки на ранних стадиях ЖЦ наукоемкой продукции. Эффективность таких решений тесно связана с законом «1-10-100», хорошо известным в наукоемкой промышленности (см., например, [19]). Он означает, что с переходом на следующий этап ЖЦ стоимость исправления ранее допущенной ошибки возрастает на порядок. Разумеется, в каждом конкретном случае этот множитель может принимать индивидуальное значение, но качественный вывод остается в силе: ошибки целесообразно выявлять и исправлять на ранних стадиях ЖЦ, пока еще они не привели к дорогостоящим необратимым потерям.

Далее, оценив вероятности появления и обнаружения ошибок на тех или иных этапах ОКР и ТПП, можно определить ожидаемый объем переделок в конструкции и технологии производства изделий, а также соответствующие потери – как во временном, так и в стоимостном выражении. Полученные таким образом результаты остается сопоставить с ожидаемыми затратами и потерями времени и средств при традиционном, последовательном выполнении ОКР и ТПП. Разумеется, учитывается, что интеграция ОКР и ТПП позволяет выполнять их практически параллельно. Частными показателями эффективности интеграции этих этапов ЖЦ можно считать, например, относительное сокращение ожидаемых потерь времени и средств на переделки. Обобщающая, интегральная оценка должна строиться на основе модели временной конкуренции на рынке наукоемкой продукции (см. п. 3.2.1), в которой выигрыш во времени выхода изделия на рынок (а оно, в свою очередь, ограничивается временем окончанием разработки и подготовки производства) оказывает непосредственное влияние на прибыль проекта, как и сокращение ожидаемых затрат на ОКР и ТПП.

Прежде всего, необходимо оценить ожидаемые фактические объемы работ с учетом переделок. Введем следующие условные обозначения. Пусть n – число этапов ОКР, обозначаемых индексами $i = 1, \dots, n$, и соответствующих им этапов ТПП, обозначаемых индексами $j = 1, \dots, n$ (т.е. по окончании i -го этапа ОКР можно выполнять i -й этап ТПП). Для простоты будем считать, что все этапы ОКР имеют одинаковую длительность $\tau^{\text{ОКР}}$ и стоимость $c^{\text{ОКР}}$, а все этапы ТПП – соответственно, $t^{\text{ТПП}}$ и $c^{\text{ТПП}}$ (либо оперировать усредненными длительностями и стоимостями). Следовательно, плановые длительность и стоимость ОКР и ТПП (без учета ошибок и переделок) выражаются следующими формулами:

¹ Возможности развития материально-технической базы производства до завершения рабочего проектирования существуют (как правило, в части универсального оборудования), но нуждаются в отдельном анализе.

$$T_{\text{план}}^{\text{ОКР}} = n \cdot \tau^{\text{ОКР}} ; C_{\text{план}}^{\text{ОКР}} = n \cdot c^{\text{ОКР}} ;$$

$$T_{\text{план}}^{\text{ТПП}} = n \cdot \tau^{\text{ТПП}} ; C_{\text{план}}^{\text{ТПП}} = n \cdot c^{\text{ТПП}} ,$$

Предположим, что в ходе ОКР может быть допущена ошибка (пока пусть – единственная) с вероятностью P . Тогда, если считать, что процесс ОКР состоит из n одинаковых последовательных этапов, на каждом i -м этапе ОКР ошибка может быть допущена с вероятностью $p = \frac{P}{n}$. В свою очередь, с заданной вероятностью q она может быть обнаружена на соответствующем, т.е. i -м, этапе ТПП. С вероятностью $(1-q)$ она не будет обнаружена на i -м этапе, но тогда с вероятностью $[q \cdot (1-q)]$ она будет обнаружена на $i+1$ -м этапе ТПП, с вероятностью $[q \cdot (1-q)^2]$ – на $i+2$ -м этапе ТПП, и т.д. Предположим, что, если ошибка не будет обнаружена вплоть до $n-1$ -го этапа ТПП, она гарантированно будет выявлена на заключительном, n -м. Таким образом, можно оценить вероятность того, что ошибка будет допущена на i -м этапе ОКР и выявлена на j -м этапе ТПП, $j \geq i$:

$$P_{i,j} = \begin{cases} p \cdot q \cdot (1-q)^{j-i} = \frac{P}{n} \cdot q \cdot (1-q)^{j-i}, & j = i, \dots, n-1 \\ p \cdot (1-q)^{n-i} = \frac{P}{n} \cdot (1-q)^{n-i}, & j = n \end{cases} . \quad (8.1)$$

В случае обнаружения ошибки, все выполненные после нее этапы ОКР подлежат переделке, в среднем, на долю $\alpha \in [0;1]$ (как по времени, так и по стоимости), а соответствующие этапы ТПП – на долю $\beta \in [0;1]$. Иногда наличие хотя бы одной принципиальной ошибки в последовательности этапов ОКР может обесценить все прочие, выполненные безошибочно, т.е. $\alpha \approx 1$ (впрочем, возможно, что ценность их результатов снизится незначительно, т.е. $\alpha \ll 1$). Поскольку конструирование изделия и разработка технологии его производства представляют собой, прежде всего, трудоемкие, а не материалоемкие процессы, стоимостные потери тесно связаны с временными. Поэтому приравнивание доли временных и стоимостных потерь при переделке оправдано (хотя можно ввести разные доли переделок по времени и по стоимости).

Если ошибка, допущенная на i -м этапе ОКР, выявлена на j -м этапе ТПП, $j \geq i$, переделке подлежит следующее количество этапов ОКР и соответствующих им этапов ТПП:

$$\Delta n_{i,j}^{\text{ОКР}} = \Delta n_{i,j}^{\text{ТПП}} = j - i + 1, \quad j = i, \dots, n, \quad (8.2)$$

а длительность и стоимость переделок определяются следующим образом:

$$\Delta \tau_{i,j}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \Delta n_{i,j}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot (j - i + 1), \quad j = i, \dots, n,$$

$$\Delta c_{i,j}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \Delta n_{i,j}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot (j - i + 1), \quad j = i, \dots, n,$$

$$\Delta \tau_{i,j}^{\text{ТПП}} = \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot \Delta n_{i,j}^{\text{ТПП}} = \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot (j - i + 1), \quad j = i, \dots, n,$$

$$\Delta c_{i,j}^{\text{ТПП}} = \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot \Delta n_{i,j}^{\text{ТПП}} = \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot (j - i + 1), \quad j = i, \dots, n.$$

Тогда ожидаемые (с учетом определяемых формулой (8.1) вероятностей появления и обнаружения ошибок на тех или иных этапах) длительность и стоимость переделок ОКР и ТПП можно выразить следующим образом:

$$\Delta T^{\text{ОКР}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta \tau_{i,j}^{\text{ОКР}} \cdot P_{i,j} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta n_{i,j}^{\text{ОКР}} \cdot P_{i,j} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N^{\text{ОКР}} ; \quad (8.3)$$

$$\Delta C^{\text{ОКР}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta c_{i,j}^{\text{ОКР}} \cdot P_{i,j} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta n_{i,j}^{\text{ОКР}} \cdot P_{i,j} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N^{\text{ОКР}}; \quad (8.4)$$

$$\Delta T^{\text{ТПП}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta \tau_{i,j}^{\text{ТПП}} \cdot P_{i,j} = \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta n_{i,j}^{\text{ТПП}} \cdot P_{i,j} = \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}}; \quad (8.5)$$

$$\Delta C^{\text{ТПП}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta c_{i,j}^{\text{ТПП}} \cdot P_{i,j} = \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n \Delta n_{i,j}^{\text{ТПП}} \cdot P_{i,j} = \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}}, \quad (8.6)$$

где $\Delta N^{\text{ОКР}}$, $\Delta N^{\text{ТПП}}$ - ожидаемые количества этапов ОКР и ТПП, подлежащих переделке, причем, в данной упрощенной модели

$$\Delta N^{\text{ОКР}} = \Delta N^{\text{ТПП}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n (j-i+1) \cdot P_{i,j}. \quad (8.7)$$

Суммируя выражения (8.3) и (8.5), а также (8.4) и (8.6), можно найти ожидаемый прирост суммарных длительности и стоимости ОКР и ТПП, вызванный ошибками в проектировании и последующими переделками:

$$\delta T = \Delta T^{\text{ОКР}} + \Delta T^{\text{ТПП}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N^{\text{ОКР}} + \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}}; \quad (8.8)$$

$$\delta C = \Delta C^{\text{ОКР}} + \Delta C^{\text{ТПП}} + E_{\text{интегр}}^{\text{ОКР+ТПП}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N^{\text{ОКР}} + \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}} + E_{\text{интегр}}^{\text{ОКР+ТПП}}, \quad (8.9)$$

где $E_{\text{интегр}}^{\text{ОКР+ТПП}}$ – дополнительные расходы на ОКР и ТПП, необходимые для их интеграции и параллельного выполнения. Поскольку рассматриваемая здесь интеграция ОКР и ТПП реализуется на базе современных информационных технологий, прежде всего, *CALS*, и требует приобретения и эксплуатации дорогостоящих программно-аппаратных средств, а также существенных организационных изменений на предприятиях (подробнее см. [63, 97]), необходимо учитывать соответствующие затраты.

Выше рассматривалась стратегия параллельного выполнения ОКР и ТПП, реализуемая на базе *CALS*-технологий. Если же, как это делалось традиционно, ТПП начинается только по завершении ОКР, после передачи технологом полного комплекта конструкторской документации, тогда, на каком бы этапе ОКР ни была допущена ошибка, разработка изделия будет доведена до конца. При этом, если ошибка допущена на i -м этапе ОКР, переделке в любом случае подлежит $(n-i+1)$ этапов ОКР. Тогда ожидаемое количество этапов ОКР, подлежащих переделке, можно оценить следующим образом:

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} &= p \cdot \sum_{i=1}^n (n-i+1) = p \cdot \left[n \cdot (n+1) - \frac{n \cdot (n+1)}{2} \right] = \\ &= p \cdot \frac{n \cdot (n+1)}{2} = \frac{P}{n} \cdot \frac{n \cdot (n+1)}{2} = P \cdot \frac{n+1}{2}. \end{aligned} \quad (8.10)$$

Заметим, что даже при традиционном, последовательном выполнении ОКР и ТПП, ожидаемая доля ОКР, подлежащих переделке, сокращается по мере увеличения числа этапов. Если ОКР вообще не делятся на этапы, при появлении ошибки всегда придется переделывать 100% работы, а при увеличении числа этапов ожидаемая доля переделок снижается, асимптотически приближаясь к 50%.

Соответственно, ожидаемая длительность и стоимость переделок на стадии ОКР при последовательном выполнении разработки и подготовки производства изделий примут следующие значения (с учетом результата (8.10)):

$$\Delta T_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot P \cdot \frac{n+1}{2}; \quad (8.11)$$

$$\Delta C_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot P \cdot \frac{n+1}{2}; \quad (8.12)$$

Что касается ожидаемого количества этапов ТПП, подлежащих переделке, а также ожидаемых длительности и стоимости этих переделок, они определяются так же, как и при параллельном выполнении ОКР и ТПП, поскольку при их последовательном выполнении также придется переделывать лишь те этапы ТПП, которые следуют за ошибкой. Следовательно, ожидаемый прирост стоимости и длительности ОКР и ТПП относительно планового уровня при традиционной последовательной организации этих процессов выражается следующими формулами (они получены суммированием выражений (8.5) и (8.11), а также (8.6) и (8.12)):

$$\delta T_{\text{посл}} = \Delta T_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \Delta T^{\text{ТПП}} = \alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}}; \quad (8.13)$$

$$\delta C_{\text{посл}} = \Delta C_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \Delta C^{\text{ТПП}} = \alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \cdot \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \beta \cdot c^{\text{ТПП}} \cdot \Delta N^{\text{ТПП}}. \quad (8.14)$$

Далее, сопоставив выражения (8.8) и (8.13), а также (8.9) и (8.14), остается найти относительное сокращение прироста длительности и стоимости ОКР и ТПП, вызванного ошибками и последующими переделками:

$$\frac{\delta T_{\text{посл}} - \delta T}{\delta T_{\text{посл}}} = \frac{\Delta T_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} - \Delta T^{\text{ОКР}}}{\Delta T_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \Delta T^{\text{ТПП}}}; \quad (8.15)$$

$$\frac{\delta C_{\text{посл}} - \delta C}{\delta C_{\text{посл}}} = \frac{\Delta C_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} - \Delta C^{\text{ОКР}} - E_{\text{интегр}}^{\text{ОКР+ТПП}}}{\Delta C_{\text{посл}}^{\text{ОКР}} + \Delta C^{\text{ТПП}}}. \quad (8.16)$$

Это относительное сокращение, достигаемое благодаря новым принципам организации разработки и подготовки производства изделий, можно считать относительной мерой эффективности интеграции ОКР и ТПП.

Вычисление ожидаемых объемов переделок по формулам, приведенным выше, основано на нескольких важных допущениях. Прежде всего, рассматривалась возможность появления на стадии ОКР лишь одной ошибки с вероятностью $P \leq 1$. Тем не менее, анализ итоговой формулы (8.15) показывает, что результат (относительное сокращение объема переделок) не зависит от этой вероятности, поскольку она входит как множитель во все слагаемые числителя и знаменателя (см. формулы (8.8) и (8.13), а также используемые для их получения (8.7) и (8.10)). Более того, можно допустить возможность появления нескольких ошибок на стадии ОКР (в т.ч. и с разными вероятностями). Однако вышеприведенные итоговые формулы останутся в силе лишь при условии, что ошибки на тех или иных этапах ОКР рассматриваются как события, не исключающие друг друга и независимые с вероятностной точки зрения.

Кроме того, заметим, что после обнаружения на j -м этапе ТПП ошибки, допущенной на i -м этапе ОКР, в ходе переделки соответствующих этапов работ, не исключено появление ошибки и на этапах, подвергшихся переделке, причем, непосредственно начиная с i -го. Т.е., строго говоря, для вычисления общего объема переделок необходимо рассматривать дерево событий, многократно ветвящееся на каждом этапе ОКР (причем, отдельные ветви могут быть замкнутыми), и суммировать объемы переделок, взвешенные по вероятностям, по всему этому дереву. Если на данном этапе ОКР будет допущена ошибка, она может быть обнаружена на том или ином этапе ТПП (с вероятностями, определяемыми по формуле (8.1)). Затем в процессе переделки с вероятностью p вновь может быть допущена ошибка на данном этапе ОКР, а с вероятностью $(1-p)$ данный этап будет выполнен безошибочно, и к нему уже не придется возвращаться (что не исключает возможности ошибки на каком-либо из последующих этапов ОКР, и т.д.) Таким образом, в том случае, если повторные ошибки возможны, и их число на данном этапе ОКР не ограничено, суммарная вероятность ошибки на данном этапе равна сумме следующей бесконечной и убывающей геометрической прогрессии:

$$p + p^2 + p^3 + \dots = \frac{p}{1-p}.$$

При малых значениях p , существенно меньших 1, вероятность с учетом повторов незначительно превышает вероятность ошибки при однократном выполнении данного этапа: при $p \ll 1$, $\frac{p}{1-p} \approx p$. Именно в этом случае справедливы приведенные выше выражения для $\Delta N^{\text{ОКР}}$ и $\Delta N^{\text{ТПП}}$. В противном случае с учетом повторов все ожидаемые объемы переделок следует умножить на $\frac{1}{1-p}$. Но, поскольку этот множитель будет входить во все слагаемые числителя и знаменателя итогового выражения (8.15), его учет не скажется на относительном сокращении объема переделок, достигаемом благодаря интеграции ОКР и ТПП. Т.е. итоговые оценки эффективности новых принципов организации ОКР и ТПП остаются в силе и при ослаблении исходных допущений, что дает основания использовать их для получения качественных выводов.

Что касается относительного сокращения стоимости переделок, определяемого по формуле (8.16), учет возможности повторных ошибок, увеличение возможного числа ошибок на стадии ОКР и вероятности их проявления приводят – при фиксированных затратах на интеграцию ОКР и ТПП – к повышению отдачи от этих затрат.

Разумеется, здесь приведена лишь простейшая иллюстративная модель, но в реальных расчетах можно, оставаясь в рамках предлагаемого подхода, учесть индивидуальные характеристики этапов ОКР и ТПП (длительность, стоимость, вероятности допущения и обнаружения ошибки, доля работ, подлежащих переделке, и т.д.). Расчеты по описанным моделям весьма трудоемки, и потому автоматизированы в среде *Microsoft EXCEL*. С помощью вышеописанных моделей были проведены параметрические расчеты в широком диапазоне значений модельных параметров. Исследовалось влияние на экономическую эффективность интеграции ОКР и ТПП таких факторов, как число этапов ОКР и ТПП, вероятность допущения и обнаружения ошибки на одном этапе, длительность и стоимость одного этапа ОКР и ТПП, доля работ, подлежащих переделке.

На рис. 8.1 изображены графики относительного сокращения длительности и стоимости ОКР и ТПП при их интеграции, в зависимости от числа этапов ОКР и ТПП.

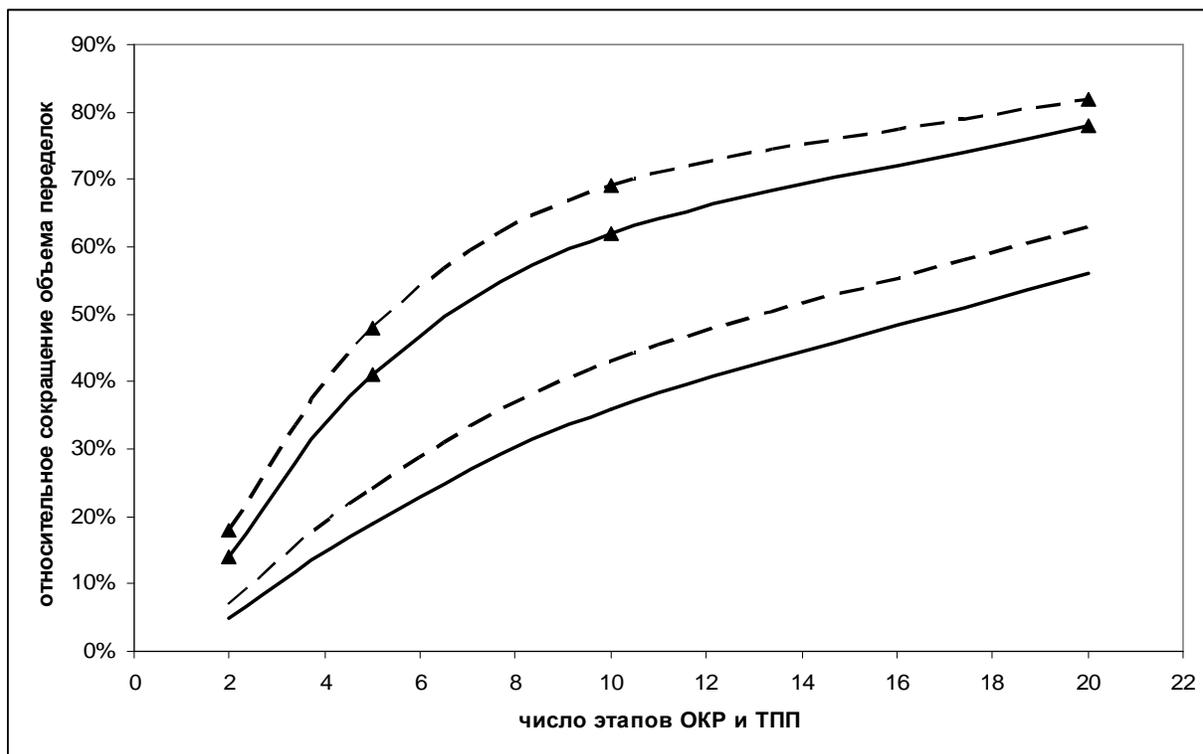


Рис. 8.1. Относительное сокращение ожидаемых длительности и стоимости ОКР и ТПП благодаря их интеграции

Сплошные линии соответствуют соотношению $\frac{\alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}}}{\beta \cdot \tau^{\text{ТПП}}} = 1$, штриховые – отношению $\frac{\alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}}}{\beta \cdot \tau^{\text{ТПП}}} = 2$ (как видно из формул (8.8), (8.13) и (8.15), это отношение является параметром подобия в

модели, и отражает относительную критичность переделок ОКР и ТПП). Немаркированные линии построены для вероятности обнаружения ошибки на соответствующем этапе ТПП $q = 0,3$; маркированные – для $q = 0,75$. Дополнительные затраты на интеграцию ОКР и ТПП в данном примере для простоты не учитывались. Анализ графиков показывает, что ожидаемый объем переделок может сократиться на десятки процентов, при достаточно тесной интеграции ОКР и ТПП (что соответствует разбиению ОКР и ТПП на достаточно большое количество этапов, порядка 10 или более). Что касается соотношения стоимостей и длительностей ОКР и ТПП, достаточно, чтобы относительная значимость ОКР была не меньше, чем ТПП. Гораздо большее значение имеет повышение вероятности раннего обнаружения конструкторских ошибок на соответствующих этапах ТПП.

Определенные качественные выводы можно сделать, и не прибегая к численным примерам, на основе аналитического исследования полученных формул. Вспомним, что в рамках данной упрощенной модели благодаря интеграции ОКР и ТПП на основе CALS-технологий сокращается лишь ожидаемое число этапов ОКР, подлежащих переделке: $\Delta N^{\text{ОКР}} < \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}}$. Сравнение формул (8.8) и (8.13) показывает, что это изменение не будет существенным при следующих условиях: $\alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \ll \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}}$, $\alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \ll \beta \cdot c^{\text{ТПП}}$, $\Delta N^{\text{ОКР}} \approx \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}}$. При больших значениях затрат на новую организацию ОКР и ТПП $E_{\text{интегр}}^{\text{ОКР+ТПП}}$, суммарная стоимость этих стадий ЖЦИ может даже возрасти (что, впрочем, еще не означает неэффективности интеграции ОКР и ТПП – окончательный ответ можно дать лишь на основе анализа временной конкуренции).

Напротив, при $\alpha \cdot \tau^{\text{ОКР}} \gg \beta \cdot \tau^{\text{ТПП}}$, $\alpha \cdot c^{\text{ОКР}} \gg \beta \cdot c^{\text{ТПП}}$ и $\Delta N^{\text{ОКР}} \ll \Delta N_{\text{посл}}^{\text{ОКР}}$ интеграция ОКР и ТПП позволяет существенно снизить ожидаемые длительность и стоимость вывода нового изделия на рынок – прежде всего, благодаря сокращению потребного объема переделок за счет более раннего обнаружения ошибок в ОКР. Таким образом, экономическая эффективность интеграции ОКР и ТПП будет более существенной, если:

- плановые длительность и стоимость ОКР не меньше, или даже выше таковых для ТПП;
- выше вероятность обнаружения ошибки на каждом этапе ТПП;
- больше число этапов ОКР и ТПП.

Насколько реалистично выполнение этих условий? Поскольку здесь под ТПП подразумевается, в основном, разработка технологических процессов, можно считать, что собственно разработка изделия является не менее дорогостоящей. Повышению вероятности раннего обнаружения конструкторских ошибок на стадии ТПП способствует применение современных средств моделирования технологических процессов. Что касается увеличения числа этапов ОКР и ТПП, в рамках предлагаемой модели оно соответствует более тесной интеграции ОКР и ТПП (т.е. повышению интенсивности обмена информацией между конструкторами и технологами), которая и достигается благодаря внедрению CALS-технологий и образованию единого информационного пространства (ЕИП), объединяющего всех участников ЖЦИ, в первую очередь – разработчиков и производителей сложных изделий.

8.3. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИНАНСИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ И ОСВОЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

В кризисный для российской наукоёмкой промышленности период (1990-2000-е гг.) многие ее отрасли испытывали острый дефицит средств на разработку и освоение производства новой продукции. Известно немало примеров инновационных проектов, которые были прекращены по этой причине на относительно поздних предпроизводственных стадиях жизненного цикла – например, на стадии ТПП. Т.е. наиболее рискованные (и весьма дорогостоящие) этапы – поисковые НИР, а нередко даже ОКР, испытания и доводка – уже были, в основном, завершены, и оставалось лишь сделать относительно небольшие инвестиции в освоение производства новой продукции. Однако сами предприятия, затратив значительный объем собственных и привлеченных средств на предшествующие этапы ЖЦИ, уже не располагали необходимыми финансовыми ресурсами и возможностями их привлечения на финансовых рынках. Многочисленные примеры таких ситуаций доставляет отечественная¹ авиационная промышленность. Целый ряд новых моделей самолетов и авиадвигателей – Ан-70, Ту-334, Су-80, Ан-38, Ми-8МТГ и др., – был разработан (причем, в ходе разработки некоторых изделий были успешно решены нетривиальные научно-технические проблемы), иногда даже сертифицирован, но не запущен в массовое производство, хотя многие из этих изделий вполне могли бы пользоваться спросом и на внутреннем, и на мировом рынках. До сих пор не завершена доводка ряда изделий, обещавших в свое время прорывное превосходство над современной техникой (в частности, авиадвигателей Д-27, НК-93 и др.).

До недавнего времени в современной России господствовало представление о нежелательности прямого государственного участия в финансировании подобных проектов, в т.ч. с целью их спасения. В итоге прекращение многих проектов привело к безвозвратной потере значительных объемов инвестиций, нередко – критичной для дальнейшего существования предприятий. Даже если не учитывать негативные социальные последствия таких явлений, их разрушительное влияние на интеллектуальный, кадровый, научно-технический потенциал страны, - с чисто коммерческой точки зрения столь жесткая бюджетная политика государства является неэффективной, что и будет доказано в данном разделе.

По мере улучшения состояния государственного бюджета России и отхода от догматичного следования либерально-неоклассической парадигме в государственной экономической политике, постепенно возобновлялась бюджетная поддержка инновационного развития наукоёмкой промышленности. Однако и в относительно благополучные годы выделение средств на завершение предпроизводственных стадий ЖЦ уже разработанных изделий нередко происходит со значительными задержками, которые мотивируются, не в последнюю очередь, необходимостью более тщательного обоснования инвестиционных проектов и запрашиваемых сумм. На фоне решающего значения временных факторов, обострения временной конкуренции на рынках наукоёмкой продукции, такие задержки приводят к запаздыванию выхода новых изделий на рынки (вплоть до критического порога, за которым проявляется эффект блокировки). Т.е. государственные средства вкладываются в проекты, которые, вследствие задержки, уже не принесут ожидавшейся коммерческой отдачи, или даже будут заведомо убыточными. Таким образом, задержка выделения инвестиций в наукоёмких отраслях промышленности приводит к их потере. Перефразируя известную поговорку, можно сказать, что в данном случае «скупой платит зря», хотя эта скупость чаще всего оправдывается именно соображениями повышения эффективности выделения средств, исключения их непродуктивного использования.

Попытаемся оценить, к каким потерям приводит порочная практика невыделения средств на завершение предпроизводственных стадий ЖЦИ или их выделения с задержкой. Это одна из важнейших дисфункций инновационного менеджмента и государственной промышленной политики в России, проистекающая из непонимания специфики наукоёмкой промышленности. Подчеркнем, что по сравнению с поисковыми НИР, опытно-конструкторские работы и технологическая подготовка производства сопряжены с существенно меньшими рисками. Т.е. вложения, требуемые на этих этапах, являются практически детерминированными, как и сроки получения отдачи от них. Если эти вложения (поступившие, например, из государственного бюджета) позволят спасти потенциально прибыльный инновационный проект, «зависший» на поздних предпроизводственных стадиях ЖЦИ,

¹ Здесь авиационная промышленность России и Украины рассматривается в качестве исторически единого комплекса.

их коммерческая отдача может быть исключительно высокой, по всем критериям оценки эффективности инвестиций (подробнее см. [21]).

Для получения количественных оценок рассмотрим следующую экономико-математическую модель, являющуюся модификацией модели временной конкуренции, с помощью которой были проведены расчеты в п. 3.2.1. Предположим, что отечественное предприятие планирует выйти на рынок с новым типом наукоемких изделий, на который в известный будущий момент времени T^F выйдет с аналогичным продуктом зарубежный конкурент. В начальный момент времени $t=0$ отечественное предприятие завершило поисковые НИР и готово приступить к ОКР. Обозначим минимальные продолжительности ОКР и ТПП, соответственно, $T_{\text{ОКР}}$ и $T_{\text{ТПП}}$, а их стоимости – соответственно, $C_{\text{ОКР}}$ и $C_{\text{ТПП}}$ (возможность форсирования НИОКР или ТПП за счет увеличения потока финансирования здесь для простоты не рассматривается). Отечественное изделие выйдет на рынок по окончании НИР, ОКР и ТПП, в момент $T \geq T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}}$ с момента окончания поисковых НИР. Если $T < T^F$, отечественное предприятие получит временное преимущество перед зарубежными конкурентами, в противном случае – наоборот. Лидер инновационной гонки будет монопольно присутствовать на рынке в течение $|T - T^F|$ лет, а затем оба производителя могут¹ конкурировать друг с другом, занимая на рынке доли α и $\alpha^F = 1 - \alpha$, соответственно. Пусть среднегодовой спрос на изделия данного типа составляет $q_{\text{мон}}$ на монопольном рынке и $q_{\text{конк}}$ на конкурентном, а цена, соответственно – $p_{\text{мон}}$ и $p_{\text{конк}}$ (цена предполагается единой в силу однородности изделий конкурирующих производителей). Длительность периода продаж изделий данного поколения (до появления принципиально новых, после чего продажи изделий данного поколения прекратятся) обозначим $T_{\text{прод}}$. Таким образом, ожидаемые объем продаж изделий, вышедших на рынок в момент T , и выручка отечественного предприятия за весь ЖЦИ будут выражаться следующими формулами:

$$Q(T) = \begin{cases} q_{\text{мон}} \cdot (T^F - T) + \alpha \cdot q_{\text{конк}} \cdot (T_{\text{прод}} - T^F), & T < T^F \\ \alpha \cdot q_{\text{конк}} \cdot (T_{\text{прод}} - T), & T \geq T^F \end{cases}; \quad (8.17)$$

$$R(T) = \begin{cases} p_{\text{мон}} \cdot q_{\text{мон}} \cdot (T^F - T) + \alpha \cdot p_{\text{конк}} \cdot q_{\text{конк}} \cdot (T_{\text{прод}} - T^F), & T < T^F \\ \alpha \cdot p_{\text{конк}} \cdot q_{\text{конк}} \cdot (T_{\text{прод}} - T), & T \geq T^F \end{cases}. \quad (8.18)$$

Предположим для простоты, что все инвестиции делаются на предпроизводственных стадиях ЖЦИ, а в период производства и продажи изделий производители несут только прямые затраты – материальные издержки и затраты на оплату труда. Пусть удельные материальные затраты отечественного предприятия на единицу продукции составляют $c_{\text{мат}}$, удельные затраты на оплату труда для первого экземпляра – $c_{\text{тр}}(1)$, а темп обучения в производстве равен λ (т.е. при удвоении накопленного выпуска удельные затраты на оплату труда упадут на $\lambda \cdot 100\%$). Тогда сумма прямых затрат отечественного предприятия за период производства изделий может быть выражена следующим образом:

$$C_{\text{direct}}(Q) = c_{\text{мат}} \cdot Q + c_{\text{тр}}(1) \cdot \sum_{q=1}^Q (1 - \lambda)^{\log_2 q}. \quad (8.19)$$

Будем считать, что инвестиции на предпроизводственных стадиях ЖЦИ поступают равномерным потоком. Если ОКР и ТПП финансируются без задержек и проводятся максимально быстро, потребный поток инвестиций в году t выражается следующим образом:

¹ Но не обязательно будут, поскольку запоздавший участник может столкнуться с эффектом блокировки, и счет для себя невыгодным продолжение убыточного проекта.

$$i(t) = \begin{cases} C_{\text{ОКР}}/T_{\text{ОКР}}, & t < T_{\text{ОКР}} \\ C_{\text{ТПП}}/T_{\text{ТПП}}, & T_{\text{ОКР}} \leq t < T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} \\ 0, & t \geq T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} \end{cases}$$

Таким образом, в произвольный момент времени t сумма уже вложенных средств и потребная сумма, которую остается вложить для начала серийного производства, выражаются следующими формулами:

$$I(t) = \sum_{\tau=1}^t i(\tau) = \begin{cases} \frac{C_{\text{ОКР}}}{T_{\text{ОКР}}} \cdot t, & t < T_{\text{ОКР}} \\ C_{\text{ОКР}} + \frac{C_{\text{ТПП}}}{T_{\text{ТПП}}} \cdot (t - T_{\text{ОКР}}), & T_{\text{ОКР}} \leq t < T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}}, \\ C_{\text{ОКР}} + C_{\text{ТПП}}, & t \geq T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} \end{cases} \quad (8.20)$$

$$\Delta I(t) = C_{\text{ОКР}} + C_{\text{ТПП}} - I(t) = \begin{cases} C_{\text{ТПП}} + C_{\text{ОКР}} \cdot \frac{T_{\text{ОКР}} - t}{T_{\text{ОКР}}}, & t < T_{\text{ОКР}} \\ C_{\text{ТПП}} \cdot \frac{T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} - t}{T_{\text{ТПП}}}, & T_{\text{ОКР}} \leq t < T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} \\ 0, & t \geq T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} \end{cases} \quad (8.21)$$

Здесь рассматривается принятие решений о продолжении или завершении проекта в период $t \in (0; T)$, когда поисковые НИР уже завершены, но приступить к серийному производству предприятие еще не готово. Будущие чистые доходы предприятия (без учета инвестиций) в этот период постоянны и равны разности выручки R и прямых затрат за период серийного производства $C_{\text{direct}}(Q)$. Таким образом, в момент $t \in (0; T)$ необходимо сопоставить разность $[R - C_{\text{direct}}(Q)]$ и оставшуюся сумму потребных инвестиций $\Delta I(t)$. Если $R - C_{\text{direct}}(Q) > \Delta I(t)$, продолжение проекта выгодно с коммерческой точки зрения. В противном случае целесообразно прекращение проекта, а потери ограничатся ранее сделанными вложениями в объеме $I(t)$. Особо подчеркнем, что в данный момент все ранее сделанные инвестиции уже не влияют на принятие текущих и будущих решений. Важно лишь, какую сумму необходимо инвестировать сейчас, и какую отдачу она может принести. Тем или иным образом все предшествующие инвестиции были сделаны, и даже если проект в целом окажется убыточным, его продолжение, при условии $R - C_{\text{direct}}(Q) > \Delta I(t)$, позволит минимизировать убытки.

Фактически, инновационный проект рассматривается здесь как реальный опцион, допускающий продолжение или прекращение инвестирования в любой момент, начиная с окончания поисковых НИР, и заканчивая моментом начала производства нового продукта. Более подробно о применении концепции реальных опционов в инновационном менеджменте можно прочесть в статье [9], в которой предложена детальная классификация «опционоподобных» механизмов в управлении инновационными проектами¹.

Можно рассматривать отношение ожидаемых чистых доходов за период производства к оставшейся сумме инвестиций как индекс прибыльности этих инвестиций:

¹ Вообще же с теорией опционов можно ознакомиться, пользуясь книгой [83], а с понятием реальных опционов – пользуясь книгой [127].

$$\pi(t) = \frac{R - C_{direct}(Q)}{\Delta I(t)}. \quad (8.22)$$

Очевидно, что он растёт по мере приближения к началу серийного производства новой продукции, поскольку убывает оставшаяся сумма потребных инвестиций: $\frac{\partial}{\partial t} \Delta I(t) < 0$. Т.е. спасение инновационного проекта, «зависшего» незадолго до начала производства новой продукции, является чрезвычайно эффективным с коммерческой точки зрения.

Для анализа влияния задержки выделения необходимых средств, введем в модель величину этой задержки δT . Она сдвигает срок начала производства T относительно минимально возможного значения $T_{\min} = T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}}$:

$$T = T_{\min} + \delta T = T_{\text{ОКР}} + T_{\text{ТПП}} + \delta T.$$

Разумеется, максимально возможный сдвиг сроков заведомо не может превышать $(T_{\text{прод}} - T_{\min})$, поскольку при большем смещении начать продажи данного продукта уже будет невозможно по причине его морального устаревания. В реальности эта задержка может выразиться в том или ином распределении требуемой суммы на увеличенный срок – от полного прекращения финансирования до момента $(t + \delta T)$ и последующего возобновления финансирования по графику, до равномерного «растягивания» оставшейся суммы вложений на увеличившийся период. Разумеется, с финансовой точки зрения эти варианты неравнозначны, поскольку текущая стоимость денег падает по мере отдаления временного горизонта. Неравнозначны они и с точки зрения поддержания потенциала предприятия. Без учета этих соображений и при условии, что до момента t задержек финансирования не было¹, оставшаяся сумма потребных инвестиций $\Delta I(t)$ не зависит от задержки, в то время как объемы продаж и чистые доходы за период производства изделий сокращаются по мере сдвига сроков выхода изделия на рынок (см. формулы (8.17-8.19)): $\frac{\partial Q}{\partial T} < 0$; $\frac{\partial}{\partial T} [R - C_{direct}(Q)] < 0$.

На рис. 8.2 представлены результаты расчетов по описанной модели с использованием следующих исходных данных (условных, но соответствующих по порядку величины рынкам гражданских самолетов): $T_{\text{прод}} = 25$ лет; $T^F = 10$ лет; $\alpha^F = \alpha = 50\%$; $q_{\text{мон}} = 250$ ед./г; $q_{\text{конк}} = 300$ ед./г; $p_{\text{мон}} = 120$ млн. долл./ед.; $p_{\text{конк}} = 100$ млн. долл./ед.; $c_{\text{мат}} = 75$ млн. долл./ед.; $c_{\text{тр}}(1) = 150$ млн. долл./ед.; $\lambda = 0,2$; $C_{\text{ОКР}} = 3$ млрд. долл.; $C_{\text{ТПП}} = 5$ млрд. долл.; $T_{\text{ОКР}} = 5$ лет; $T_{\text{ТПП}} = 3$ г (т.е. $T_{\min} = 8$ лет, и в благоприятном случае российский проект может опередить зарубежных конкурентов на 2 г).

¹ Если ранее уже имели место задержки, необходимо соответствующим образом скорректировать и величины $I(t)$, $\Delta I(t)$, вводя соответствующие задержки в формулы (8.20-8.21).

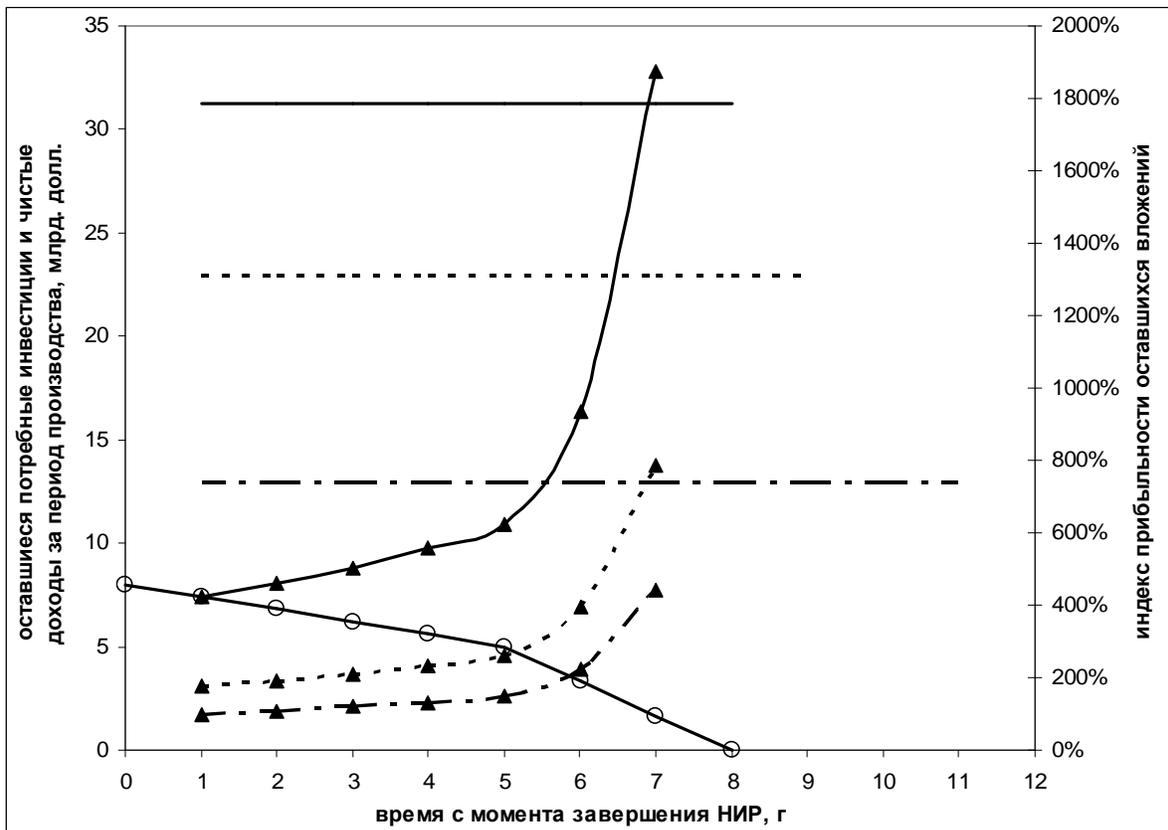


Рис. 8.2. Изменение со временем ожидаемых доходов, объема оставшихся инвестиций и их прибыльности

На рисунке изображены графики изменения со временем следующих параметров:

- оставшейся суммы потребных вложений (линия со светлыми круглыми маркерами), рассчитанной по формуле (8.21);
- чистых доходов за период продажи изделий (горизонтальная немаркированная линия), определяемых разностью выражений (8.18) и (8.19);
- их отношения, т.е. индекса прибыльности оставшихся инвестиций (кривая с треугольными маркерами), вычисляемого по формуле (8.22).

Общую прибыль от реализации инновационного проекта можно найти как разность чистых доходов за период продажи изделий и суммарных инвестиций в ОКР и ТПП:

$$\Pi = R - C_{direct}(Q) - (C_{ОКР} + C_{ТПП}).$$

На графике ее можно измерить как разность между уровнем чистых доходов за период продаж (горизонтальная линия) и потребным объемом инвестиций в момент окончания поисковых НИР ($C_{ОКР} + C_{ТПП} = \Delta I(0)$).

Сплошные линии получены при условии, что ОКР и ТПП финансируются своевременно и проводятся в максимально сжатые сроки. Штриховыми линиями с аналогичными маркерами изображены графики тех же параметров, если финансирование ОКР и ТПП будет «сдвинуто» на 1 г, штрих-пунктирными линиями – на 3 г. Поскольку сумма оставшихся потребных вложений не зависит от задержки выделения средств, соответствующая линия (со светлыми круглыми маркерами) остается единственной для всех трех случаев. Сравнение графиков показывает, что задержка даже на 1 г существенно сокращает ожидаемую прибыль от реализации проекта. Заметим, что при такой задержке отечественное предприятие все еще остается лидером инновационной гонки, опережая зарубежного конкурента на 1 г. При задержке финансирования на 3 г, отечественный продукт уже

будет на 1 г отставать от зарубежного, что приведет к дальнейшему снижению коммерческой эффективности проекта.

Особо подчеркнем, что в реальности многие исходные параметры данной модели будут достоверно неизвестны в момент принятия решения о поддержке проекта либо о его прекращении. Прежде всего, это касается момента времени выхода на рынок конкурирующей продукции. Отчасти информацию о нем может дать конкурентная разведка (подробнее см. п. 6.2), но достоверно этот момент неизвестен и самим конкурентам, поскольку их инновационные разработки также подвержены техническим рискам. Но, как показывает проведенный выше анализ, задержка принятия решения априори снижает эффективность проекта – неважно, выйдет ли конкурент на рынок раньше или позже. Поэтому даже в условиях неполноты информации категорически не рекомендуется затягивать принятие решения. В крайнем случае, можно провести экспресс-анализ пессимистического сценария, согласно которому конкурент выйдет на рынок уже в ближайшее время. Если даже в этом случае проект окажется эффективным, определенно необходимо принимать все меры для скорейшего освоения производства новых изделий. Как правило, более тщательный анализ проекта (особенно с учетом институциональных особенностей принятия решений в российской практике) приводит к столь значительной задержке, что возможное уточнение оценок не оправдывает потерь. Это положение необходимо учитывать при совершенствовании российской национальной инновационной системы.

Из приведенного расчетного примера можно увидеть, что при реалистичных исходных данных эффективность «поддерживающих» инвестиций на поздних предпроизводственных стадиях ЖЦИ очень высока – вложенные средства дают многократно большую отдачу ($\pi(t) \gg 1$). Причем, индекс прибыльности этих вложений неограниченно возрастает по мере приближения к моменту, когда можно приступить к производству и продаже новой продукции. Нередко именно на этих стадиях прекращалась реализация перспективных проектов по причине нехватки финансовых ресурсов. Представленная модель дает наглядную иллюстрацию целесообразности прямой финансовой поддержки «зависших» инновационных проектов. Даже неизбежный коммерческий риск их продолжения (связанный, например, с изменениями рыночной конъюнктуры в будущем) не лишает привлекательности возможность инвестирования с многократной отдачей. Этот результат целесообразно принимать во внимание при выработке решений в области государственной промышленной политики.

Описанная дисфункция управления инновационным развитием в России приводит к негативным последствиям не только в ситуациях конкуренции. Не меньший ущерб она приносит и в кооперационных проектах. Яркий пример доставляет приведенный в п. 6.3 пример совместного создания нового реактивного учебно-тренировочного самолета (УТС) ОКБ им. А.С. Яковлева и компанией *Alenia Aermacchi*. На завершающей стадии НИОКР было принято решение о прекращении совместной работы (официально оно мотивировалось тем, что в странах-участниках несколько различались требования военно-воздушных сил к перспективным УТС). Более того, компания *Alenia Aermacchi* компенсировала ОКБ им. А.С. Яковлева затраты на НИОКР и немедленно приступила к подготовке производства, а затем – к серийному производству нового УТС под названием *Aermacchi M-346*. На данный момент это один из самых востребованных УТС в своем классе на мировом рынке, благодаря своим выдающимся характеристикам с большим преимуществом выигрывающий конкурсы, проводимые ВВС разных стран мира (см., например, [91]). Что касается ОКБ им. А.С. Яковлева, полученная от зарубежных партнеров сумма (хотя она и была совершенно незначительной, по меркам мирового авиастроения – 77 млн. долл.) позволила, по словам руководства предприятия [20], завершить НИОКР по российской версии самолета, известной под названием Як-130. Лишь сравнительно недавно было принято решение о начале серийного выпуска УТС Як-130 в качестве основного учебно-тренировочного самолета ВВС России, что открывает, в дальнейшем, и возможности освоения экспортных рынков. Однако при таких сроках выхода на рынок, разумеется, ни о каком временном преимуществе речи уже не идет – скорее, существует очень большая вероятность проявления эффекта блокировки. Фактически, российское авиастроение не смогло эффективно использовать свои ключевые компетенции в научно-технической сфере по причине задержки финансирования НИОКР и ТПП по данному проекту. Эти ключевые компетенции послужили упрочению конкурентных позиций зарубежной авиационной промышленности (к которой, подчеркнем, в описанном случае не может быть претензий: итальянские партнеры не виновны в задержке ТПП и начала серийного производства Як-130). Таким образом, из-за задержки

финансирования завершающих стадий ОКР и ТПП, описанная в п. 6.3 кооперация отечественной и зарубежной наукоемкой промышленности на стадии НИОКР на практике нередко реализуется неэффективно и даже в ущерб российской стороне.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 8

В современных технологических и финансовых условиях на стадиях ОКР и ТПП обоснованы следующие рекомендации:

- Для сокращения длительности, стоимости НИОКР и риска их увеличения, целесообразна интеграция ОКР и ТПП на основе *CALS*-технологий. Она позволяет раньше обнаруживать ошибки и сокращать потребный объем переделок.

- Государству следует поддерживать инновационные проекты, «зависшие» на стадиях ОКР и ТПП. Технический риск на этих стадиях относительно невелик, а своевременная поддержка позволяет избежать безвозвратных потерь. Эффективность таких «спасительных» инвестиций может быть исключительно высокой. При этом решение о выделении средств следует принимать немедленно.

Глава 9. Институциональные аспекты управления генерацией знаний и изобретательской активностью

9.1. СТАНДАРТЫ НОВИЗНЫ ИЗОБРЕТЕНИЙ И НАУЧНЫХ РАБОТ КАК ИНСТИТУТЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЗНАНИЙ

Несмотря на то, что далеко не все инновации (как продуктовые, так и процессные, организационные) требуют научного обеспечения, в любом случае, инновационное развитие подразумевает творчество. Это может быть создание фундаментального научного задела, или изобретательство (причем, в широком смысле – не только техническое, но и социальное, организационное, и т.п.). В ситуации исчерпания возможностей совершенствования современных технологий серьезную проблему представляет собой дефицит новых идей (о чем особо сказано в разделе 6.1) и фундаментальных научных знаний. Поэтому в любой стране, претендующей на участие в инновационном развитии, традиционно декларируется всемерная поддержка (разумеется, в пределах возможностей государства и бизнеса) фундаментальных исследований, а также изобретательской активности. Однако в реальности генерация новых знаний ограничена не только дефицитом материальных ресурсов, но и целым рядом институциональных факторов, недооценка которых может привести лишь к неэффективному расходованию ограниченных средств. Ниже эти факторы рассмотрены применительно к науке, однако соответствующие модели и выводы можно распространить и на прочие виды интеллектуального творчества – прежде всего, изобретательскую деятельность.

Традиции и моральные нормы научного сообщества – это важнейшие институты, регулирующие процессы генерации новых знаний и влияющие на эффективность этих процессов. Поскольку миссией науки является создание новых знаний, особая роль в данной сфере принадлежит таким специфически присущим ей институциональным нормам, как стандарты новизны научных работ, принятое в научной среде отношение к плагиату и непреднамеренному дублированию ранее выполненных исследований. Именно последнее явление является предметом интереса данной работы, поскольку у автора пока нет научных оснований сомневаться в негативном характере такого явления, как плагиат.

Можно заметить, что вплоть до недавнего времени мировое научное сообщество толерантно относилось к дублированию исследований, обычной была формулировка «открыл... независимо от...». Например, несмотря на приоритет академика Л.В. Канторовича в постановке задачи и развитии методов линейного программирования, считается общепризнанным, что американские ученые Д. Данциг, Т. Купманс и др. независимо от него разрабатывали методы решения таких задач и применяли разработанный инструментарий в экономических исследованиях. Л.В. Канторович и Т. Купманс разделили Нобелевскую премию по экономике в 1975 г. Т.е. ситуации, когда было официально признано независимое достижение научного результата разными исследователями, имели место и в XX веке. Отчасти это оправдывалось слабым развитием научной прессы и коммуникаций. С одной стороны, в настоящее время развитые информационные технологии, теоретически, позволяют мгновенно получить доступ ко всем опубликованным научным результатам, но, с другой стороны, лавинообразно нарастает сам объем накопленных знаний.

Так или иначе, в настоящее время дублирование ранее выполненных исследований и разработок принято уничижительно называть «изобретением велосипеда». Обсуждаемая проблема становится все более актуальной, поскольку к началу XXI века накоплен огромный объем научных результатов, сделано и запатентовано огромное количество изобретений [41]. Одно лишь знакомство с результатами в собственной узкой области знаний требует даже от профессионального ученого или инженера многих лет работы. Нельзя сбрасывать со счетов и разнообразные барьеры, препятствующие такому ознакомлению – начиная с языкового барьера, и заканчивая закрытым характером многих результатов. В итоге более чем вероятно ситуация, когда добросовестные и весьма квалифицированные ученые будут выполнять исследования, аналогичные выполненным ранее.

Заметная и все более влиятельная часть современного научного сообщества пропагандирует ужесточение стандартов научной новизны. Наука все в большей мере воспринимается обществом и самими учеными как конкурентный бизнес, причем, конкуренция в нем еще жестче, чем на рынках товаров и услуг, поскольку первооткрыватель получает всё, а «второе место не присуждается». В этом отношении наука, по мнению автора, из всех видов человеческой деятельности становится

ближе всего к современному профессиональному спорту. Насколько такие институты научного сообщества эффективны с общественной точки зрения? Этот вопрос является ключевым с точки зрения управления научной сферой. Предполагается вначале рассмотреть поведение исследователя, принимающего решение о начале работы в определенной области науки и выбирающего конкретную тематику исследований. При этом особое внимание будет уделяться влиянию принятых стандартов научной новизны и принципов стимулирования научного поиска. Затем будет рассмотрена проблема оптимизации этих институтов с точки зрения общественной эффективности функционирования науки. Помимо собственно науки, последующие рассуждения применимы (после соответствующей модификации) и к сфере инновационной деятельности, изобретательству и патентному законодательству.

Предположим, что в некоторой области науки или техники над определенной проблемой работает N независимых исследователей или исследовательских групп. Пока будем считать для простоты, что каждый участник может реализовать одну определенную исследовательскую программу. Многообразие возможных вариантов таких программ можно описать следующим образом. Предположим, что каждая исследовательская программа или техническое решение описываются набором из $i = 1, 2, \dots, k$ квалифицирующих признаков, каждый из которых, в свою очередь, может принимать одно из $j_i = 1, 2, \dots, l_i$ возможных значений. Применительно к новым технологиям и изобретениям такие информационные модели развиты достаточно давно, и даже используются в практической деятельности – например, в сфере патентной экспертизы. Применительно к научно-исследовательским программам аналогичные информационные модели принимают следующий вид. Признаками могут быть, например, подход к построению модели (эконометрический анализ, имитационное моделирование, прямое экономико-математическое моделирование, и т.п.), метод исследования, спецификация модели, и т.п. Пусть общее количество возможных вариантов отличающихся друг от друга хотя бы по одному признаку исследовательских программ равно M (это число можно получить путем комбинаторных расчетов при заданных $\{l_i\}$, $i = 1, 2, \dots, k$). Естественно, должно выполняться неравенство $N < M$, иначе некоторые исследователи будут априорно вынуждены полностью дублировать работы друг друга¹.

До сих пор мы считали данную работу оригинальной, если она отличается от известных хотя бы по одному квалифицирующему признаку. Однако, как правило, такого отличия недостаточно для обоснования научной новизны. Традиции, принятые в научном сообществе (в сфере разработки технологий – соответственно, патентное законодательство), могут подразумевать более жесткое требование: отличными от известных должны быть не менее $k_{\min} > 1$, $k_{\min} < k$ квалифицирующих признаков. Обозначим N_{\max} максимально возможное число работ в данной области, удовлетворяющих установленным требованиям к новизне. Оно, в свою очередь, может быть определено путем комбинаторных расчетов при заданных $\{l_i\}$, $i = 1, 2, \dots, k$ и k_{\min} . Итоговые выражения могут быть весьма громоздкими, однако в любом случае, по мере ужесточения требований к оригинальности исследовательских программ, возможное количество работ, удовлетворяющих этим требованиям, сокращается:

$$\frac{\partial N_{\max}}{\partial k_{\min}} < 0.$$

В относительном выражении, не менее $\alpha_{\min} \% = \frac{k_{\min}}{k} \cdot 100\%$ квалифицирующих признаков исследования должны отличаться от известных – в противном случае его автор не будет обладать приоритетом (считаем, что предшествующие N работ априори удовлетворяют такому, более жесткому требованию). Более того, в этом случае ему угрожают определенные санкции – возможно, менее жесткие, чем те, что применяются к сознательным плагиаторам, однако и титул «изобретателя велосипеда» считается малопочетным в научной среде. Что касается изобретательства, требования к

¹ На данном этапе не рассматривается динамика процесса исследования, с учетом которой такое дублирование, в принципе, допускается изначально, но участник, первым достигший результата, получает приоритет над конкурентами, шедшими тем же путем.

минимальной доле оригинальных признаков могут присутствовать в патентном законодательстве явным образом, а потери «изобретателя велосипеда» равны, по меньшей мере, компенсации обладателю соответствующего патента. Заметим, что в случае $\kappa_{\min} > 1$, даже при $N < M$ вполне возможны ситуации, когда уже невозможно предложить решение, удовлетворяющее описанным требованиям к новизне. В общем случае, вероятность того, что случайно выбранный вариант очередной исследовательской программы будет содержать не менее κ_{\min} оригинальных признаков, определяется следующим образом:

$$P\{\kappa \geq \kappa_{\min}\} = 1 - \frac{N}{N_{\max}}, \quad (9.1)$$

где N - число ранее выполненных работ в данной области.

9.2. МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ И ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

Рассмотрим поведение нового $N+1$ -го участника, считая, что все выполненные до него N работ различаются между собой не менее, чем κ_{\min} признаками, т.е. N заведомо ниже N_{\max} . Если он выбирает исследовательскую программу абсолютно случайным образом, не учитывая результатов предшествующих работ, с вероятностью $\frac{N}{N_{\max}}$ он выберет вариант, уже реализованный до него, т.е., выражаясь более популярно, «изобретет велосипед». Соответственно, вероятность выбрать «вслепую» оригинальный путь исследований равна $1 - \frac{N}{N_{\max}}$, см. формулу (9.1). Естественно, по мере приближения N к N_{\max} , возможность получения оригинального результата исчезает.

Для простоты будем считать, что все возможные выгоды, потери и затраты, связанные с научной деятельностью, выражаются единообразно в определенных условных единицах (возможно, в денежном эквиваленте). Это допущение в современном мире недалеко от истины, поскольку, с одной стороны, научные исследования требуют значительных затрат, а с другой – в научную сферу привносится все больше элементов рыночной экономики. Следует сразу оговорить важное допущение. Предлагаемая здесь модель описывает рациональный выбор игрока, максимизирующего определенную целевую функцию. Однако на практике ученые (в т.ч. экономисты) нередко действуют крайне иррационально в повседневной жизни и в планировании собственной профессиональной деятельности. Рациональный выбор затрудняется еще и тем, что в реальности исследователю сложно оценить даже число ранее выполненных работ N , а тем более – максимально возможное число оригинальных исследовательских программ N_{\max} .

Обозначим C_{doubl} потери автора исследования, дублирующего какое-то из ранее известных (точнее, слабо отличающегося от известных). Наиболее очевидный способ избежать этих потерь – провести заранее проверку оригинальности, «патентной чистоты» избранной исследовательской программы (в сфере разработки новых технологий это выражение применимо буквально, без кавычек). Строго говоря, она подразумевает знакомство (хотя бы в общих чертах, на уровне вышеописанных квалифицирующих признаков) со всеми ранее выполненными работами на данную тему. Если обозначить C_{check} затраты (в т.ч. временные), сопряженные с анализом одной предшествующей работы, суммарные затраты на проверку составят $C_{check} \cdot N$. В современных условиях соответствующие затраты времени и средств могут принимать чрезвычайно большие значения, в силу обширности массива накопленных знаний, высокой трудоемкости не только анализа, но даже поиска всех релевантных работ и т.п. Это, как уже неоднократно было отмечено другими исследователями [11, 41, 94], представляет собой серьезное препятствие на пути развития многих отраслей науки.

Наконец, необходимо описать затраты собственно на выполнение исследований, а также выгоды, сопутствующие их успешному завершению. Последние определяются научной ценностью полученного научного результата, которая на этапе выбора исследовательской программы, строго

говоря, непредсказуема. Будем считать, что она измерима количественно, и обозначим ее V . Поскольку научные результаты обладают большой общественной значимостью, большая часть этой величины представляет собой внешний эффект. Тем не менее, автор научной работы получает и частные выгоды, которые мы обозначим R , $R \leq V$. Эти выгоды имеют как материальную, так и нематериальную природу; могут выражаться в повышении статуса ученого, моральном удовлетворении, появлении возможности преподавать и пропагандировать свои достижения, публиковать и продавать книги, и т.п. Они зависят от общественной ценности результата, а также от общего числа работающих в данной области исследователей:

$$R = R(V, N),$$

причем, $\frac{\partial R}{\partial V} > 0$, но $\frac{\partial R}{\partial N} < 0$. Это объясняется тем, что с ростом числа ученых, работающих в

той же области, статус отдельного игрока (его «рыночная власть») снижается. Помимо материального вознаграждения, в научной работе чрезвычайно важно и моральное. Естественно, с ростом числа исследователей, работающих в той же области, ощущение собственной исключительности, являющееся для многих ученых важным моральным стимулом, ослабевает.

На этапе выбора направления исследований участник может лишь предполагать, что выигрыш R , получаемый им в случае успешного завершения выбранной исследовательской программы (разумеется, удовлетворяющей вышеописанным требованиям к новизне), распределен случайным образом по некоторому закону с известным математическим ожиданием \bar{R} , зависящим от N как от параметра: $\frac{\partial \bar{R}}{\partial N} < 0$. Что касается затрат на проведение исследований, различные исследовательские

программы характеризуются разными объемами потребных времени и средств, и квалифицированный исследователь способен оценить эти объемы весьма точно и достоверно. В частности, это означает, что игрок будет стремиться выбирать, по возможности, наиболее «дешевые» варианты (тем более что нередко трудоемкость исследования и ценность получаемого научного результата слабо связаны между собой – это является важной особенностью экономики знаний). В принципе, существуют и стимулы в пользу выбора более «дорогих» программ, поскольку это повышает вероятность того, что избранный путь окажется оригинальным. Если выбранная исследовательская программа существенно сложнее первых N уже реализованных программ, такая стратегия может обеспечить оригинальность выбранной исследовательской программы даже при отсутствии проверки ее «патентной чистоты» (а стоимость такой проверки может превысить прирост стоимости более сложной программы). Однако в дальнейшем для простоты не будем учитывать различия стоимости разных исследовательских программ (тем более, что для каждого потенциального участника эта оценка, строго говоря, индивидуальна, и определяется его опытом, образованием, связями с коллегами и т.п.), и будем оперировать просто усредненной стоимостью проведения исследований и разработок $\bar{c}_{R\&D}$ (в расчете на одну программу).

Таким образом, игрок может принять одно из следующих решений:

- а) вообще не начинать исследований в данной области;
- б) добросовестно провести анализ всех выполненных ранее работ, сформулировать гарантированно оригинальную исследовательскую программу, реализовать ее и получить новый научный результат (более или менее ценный, чем предыдущие);
- с) не проводя анализа предшествующих работ, выбрать направление поиска, фактически, случайным образом (а вероятнее, исходя из собственных склонностей и возможностей) и провести соответствующие исследования. В итоге он с вероятностью $1 - \frac{N}{N_{\max}}$ получит оригинальный научный результат (и все сопутствующие ему выгоды), а с вероятностью $\frac{N}{N_{\max}}$ - «изобретет велосипед» (и, соответственно, понесет соответствующие потери).

Ниже приведены суммы ожидаемых затрат и выгод исследователя для стратегий (б) и (с):

$$\bar{W}_b = -c_{check} \cdot N - \bar{c}_{R\&D} + \bar{R}(N);$$

$$\bar{W}_c = -\bar{c}_{R\&D} - \frac{N}{N_{max}} \cdot C_{doubl} + \left(1 - \frac{N}{N_{max}}\right) \cdot \bar{R}(N).$$

В случае отказа от проведения исследований в данной области игрок не несет никаких затрат и потерь, но, разумеется, и не получает никаких выигрышей, т.е. $W_a \equiv 0$. Сопоставляя приведенные выражения, найдем наилучшую из трех описанных стратегий. Если $\bar{W}_b > 0$ и $\bar{W}_c > 0$, игрок приступит к работе в данной области науки, причем, при $\bar{W}_b < \bar{W}_c$ не будет тратить время и средства на тщательный анализ ранее выполненных исследований, а начнет свою работу, лишь надеясь на то, что она окажется оригинальной. Сравнение выражений для \bar{W}_b и \bar{W}_c показывает, что стратегия (с) окажется выгоднее стратегии (b) при следующем условии:

$$N > \frac{N}{N_{max}} \cdot \frac{\bar{R} + C_{doubl}}{c_{check}}, \quad (9.2)$$

$$\Rightarrow \bar{R}(N) < N_{max} \cdot c_{check} - C_{doubl}, \text{ или } N > \bar{R}^{-1}(N_{max} \cdot c_{check} - C_{doubl}) = N_{observ}, \quad (9.3)$$

где индекс «⁻¹» обозначает обратную функцию;

N_{observ} (от англ. observable – обозримый) – максимальное число предшествующих работ, при котором целесообразно предварительно ознакомиться с ними, а не начинать свое исследование наудачу. Согласно полученной формуле и свойствам функции $\bar{R}(N)$, N_{observ} сокращается с ростом затрат на проверку новизны постановки задачи c_{check} , и возрастает при увеличении «штрафа» за «изобретение велосипеда» C_{doubl} .

Заметим, что, если новый участник собирается реализовать не одну исследовательскую программу, как предполагается в данной упрощенной модели, а несколько (т.е. диверсифицировать портфель направлений поиска в данной области), он получит преимущество экономии на масштабах, поскольку в любом случае придется проводить анализ N предшествующих работ. Это позволяет при прочих равных исходных условиях повысить порог c_{check} , при котором происходит «переключение» со стратегии (b) на стратегию (с). На практике такая ситуация возможна, если программа работы коллектива исследователей (пусть даже проводящих поиск независимо) координируется централизованно, и координатор берет на себя проведение анализа ранее выполненных работ. Таким образом, организованные научные коллективы имеют больше экономических стимулов и возможностей придерживаться «добросовестной» стратегии, а исследователи-одиночки чаще будут вынуждены рисковать оказаться «изобретателями велосипеда».

Чтобы игрок следовал стратегии (с), она должна быть выгоднее не только стратегии (b), но и бездействия, т.е. $\bar{W}_c > 0$, или

$$\bar{R}(N) > \frac{\bar{c}_{R\&D} + (N/N_{max}) \cdot C_{doubl}}{1 - (N/N_{max})}, \quad (9.4)$$

или

$$N < \bar{R}^{-1} \left(\frac{\bar{c}_{R\&D} + (N/N_{max}) \cdot C_{doubl}}{1 - (N/N_{max})} \right). \quad (9.5)$$

Пороговое число работ в данной области, удовлетворяющее неравенству (9.5) и обозначаемое далее N_{sat} (от англ. saturation – насыщение, в данном случае – насыщение рассматриваемой области исследований), заведомо меньше N_{max} , т.е. вход новых исследователей в данную область будет блокирован еще до того, как будут исчерпаны все возможности получения оригинальных

результатов. Согласно полученной формуле, N_{sat} тем ниже, чем выше «штраф» за «изобретение велосипеда» C_{doubl} , и чем выше затраты на проведение исследований $\bar{c}_{R\&D}$.

В случае, когда выгоднее «добросовестная» стратегия (b) (что требует, как показано выше, выполнения неравенства $N < N_{observ} = \bar{R}^{-1}(N_{max} \cdot c_{check} - C_{doubl})$, противоположного неравенству (9.3)), необходимо проверить выполнение неравенства $\bar{W}_b > 0$, или

$$N < \bar{R}^{-1}(c_{check} \cdot N + \bar{c}_{R\&D}). \quad (9.6)$$

Пороговое значение N , удовлетворяющее данному неравенству, также имеет смысл уровня насыщения данной области знаний N_{sat} .

По мере приближения N к пороговым значениям N_{sat} , определяемым неравенствами (9.5, 9.6), генерация новых знаний в данной области блокируется.

Разумеется, в реальности исследователь может, принимая решение, руководствоваться не ожидаемой суммой затрат и выгод, а более жесткими критериями, отражающими его нерасположенность к риску. Например, даже при малой вероятности «изобретения велосипеда» соответствующие репутационные и др. потери могут оказаться неприемлемыми для исследователя. В этом случае, даже если $\bar{W}_b < \bar{W}_c$, но $\bar{W}_b > 0$, исследователь выберет «добросовестную» стратегию (b). Но если $\bar{W}_b < 0$, такой осторожный игрок вообще откажется от проведения исследований в данной области, даже при выполнении неравенства $\bar{W}_c > 0$. Такая ситуация складывается, прежде всего, при высоких издержках проверки «патентной чистоты» выбранной исследовательской программы ($c_{check} \cdot N \approx \bar{R}$), что, как уже было отмечено выше, имеет место во многих отраслях современной науки. В итоге генерация знаний в данной области науки блокируется еще раньше (т.е. N_{sat} окажется еще ниже), чем следует из предложенной модели.

9.3. ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЦИЕЙ ЗНАНИЙ

Как показано в предыдущем разделе, при большом количестве ранее выполненных исследований, при высоких требованиях к оригинальности исследовательских программ и высоких репутационных потерях в случае «изобретения велосипеда», большинство потенциальных участников предпочтет не принимать участие в исследованиях в данной области, не рассчитывая на получение оригинального результата. В связи с этим, уместно вспомнить, что Макс Планк, будучи молодым выпускником университета, сообщил известному ученому Филиппу Жолли, что собирается заниматься теоретической физикой, на что получил следующий ответ: «Молодой человек, зачем Вы хотите испортить себе жизнь, ведь теоретическая физика уже в основном закончена? Стоит ли браться за такое бесперспективное дело?», см. [103].

Немногочисленные игроки, все-таки решившие работать над данной проблемой, будут вынуждены затратить большую часть времени и средств не собственно на проведение исследований, а на проверку их оригинальности. Традиционно принято считать, что это неизбежно и даже желательно, свидетельствует о высоком уровне морально-этических стандартов научного сообщества, способствует повышению добросовестности ученых и т.п. Фактически, параметры K_{min} и C_{doubl} определяют важнейшие институты, регулирующие функционирование научного сообщества. Ужесточение описанных институциональных ограничителей, на котором настаивает определенная часть научного сообщества (мотивируя свои предложения исключительно моральными соображениями), является, безусловно, выгодным для авторов уже выполненных (и, что немаловажно, оперативно опубликованных в ведущих научных журналах) работ, блокируя продолжение научного поиска в соответствующих областях. Помимо чисто арифметического сокращения числа исследователей, которое обеспечивает «корифеям» более высокий статус (большую рыночную власть), при этом снижается риск достижения новым игроком более значимого

научного результата, который угрожает обесценить предшествующие. Однако зададимся вопросом: насколько эффективны такие институты научной сферы с точки зрения общественных интересов?

9.3.1. Целевая функция общества в сфере управления наукой

Прежде всего, необходимо формализовать целевую функцию общества в сфере управления наукой. Предположим, что M различных результатов, которые могут быть получены в данной области, характеризуются апостериорными значениями общественной ценности $\{V_j\}$, $j=1\dots M$, причем, для простоты упорядочим исследовательские программы в порядке возрастания ценности: $V_1 \leq V_2 \leq \dots \leq V_M$. Будем считать, что польза обществу от результатов исследований в данной области определяется научной ценностью наилучшего из полученных m результатов $V_{\max}(m) = \max_{j=1,\dots,m} V_j$.

Поскольку на стадии планирования исследований будущие результаты и их ценность априорно неизвестны, можно, в лучшем случае, говорить лишь об ожидаемом максимуме научной ценности результатов. Если реализуется единственная научная программа, научная ценность ее результатов автоматически становится максимальной из числа реализованных, а ее ожидаемое значение равно средней ценности научного результата в данной области:

$$\bar{V}_{\max}(1) = \bar{V} = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M V_j.$$

Если же, напротив, будут реализованы все M возможных исследовательских программ, в одной из них гарантированно будет достигнут наиболее ценный из возможных результатов в данной области, т.е.

$$V_{\max}(M) \equiv V_M.$$

В промежуточных случаях соответствующая величина монотонно возрастает от \bar{V} до V_M по мере увеличения количества работ в данной области. Для определения конкретного значения $\bar{V}_{\max}(m)$ необходимо найти математическое ожидание максимального числа в случайной выборке, содержащей m элементов, взятой из массива (V_1, \dots, V_M) . Оно определяется следующим образом:

$$\bar{V}_{\max}(m) = \sum_{j=1}^M V_j \cdot P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\},$$

где $P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}$ – вероятность того, что максимальная ценность результатов m реализованных программ составит V_j . Важно подчеркнуть, что множители $\{V_j\}$ в этом выражении определяются научной ценностью результатов соответствующих исследований, но вероятности $\left\{P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}\right\}$ не зависят от конкретных значений этих чисел, и однозначно определяются для заданных m , M и j по правилам комбинаторики. Фактически $P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}$ – это вероятность того, что максимальное из m чисел, извлеченных случайным образом из M натуральных чисел от 1 до M , окажется равным j (очевидно, что максимальное из этих чисел не может быть меньше m):

$$P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\} = \begin{cases} \frac{m}{M} \cdot \frac{(j-1)!}{(j-m)!} \cdot \frac{(M-m)!}{(M-1)!}, & j = m, \dots, M \\ 0, & j = 1, \dots, m-1 \end{cases},$$

Можно заметить, что вероятности $P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}$ монотонно возрастают с ростом j , т.е. вероятность получить при $m > 1$ более ценные результаты выше, чем менее ценные. Однако даже для $j = M$ соответствующая вероятность равна $\frac{m}{M}$, т.е. доле реализованных научных программ. Поскольку искомая функция $\bar{V}_{\max}(m)$ представляет собой сумму произведений вероятностей достижения результатов $\left\{P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}\right\}$ на ценности этих результатов $\{V_j\}$, упорядоченные по возрастанию, и даже зависимость $P\left\{\max_{j'=1,\dots,m} V_{j'} = V_j\right\}$ от m является строго возрастающей, тогда $\bar{V}_{\max}(m)$ - тем более, строго возрастающая функция. Причем, относительный прирост ожидаемого выигрыша с увеличением числа выполненных в данной области исследований тем выше, чем больше неоднородность ценности различных научных результатов. Если научная ценность результатов реализации различных исследовательских программ сильно варьирует, могут представлять интерес лишь наиболее удачные результаты, или даже единственный, ценность которого максимально возможна и обозначена V_M ¹. В этом предельном случае (т.е. при $V_j = 0$, $j = 1, \dots, M - 1$; $V_M > 0$), функция $\bar{V}_{\max}(m)$ становится линейной:

$$\bar{V}_{\max}(m) = \frac{m}{M} \cdot V_M. \quad (9.7)$$

Также в составе целевой функции общества необходимо учесть затраты на проведение исследований, включая затраты на проверку «патентной чистоты» исследовательских программ, но без учета репутационных потерь «изобретателей велосипеда», поскольку последние несут эти потери уже в частном порядке, а не за счет государства и общества. Не только ценность научных результатов, но и затраты на их достижение различны для самого исследователя и для общества. Обозначим средние затраты общества на реализацию одной исследовательской программы $\bar{Z}_{R\&D}$. Они выше, чем частные затраты исследователя, использованные в моделях его поведения: $\bar{Z}_{R\&D} > \bar{c}_{R\&D}$, причем, если в теоретических исследованиях эти величины, как правило – одного порядка, то сложные и дорогостоящие экспериментальные исследования требуют гораздо больших затрат на материально-техническую базу и т.п., т.е. $\bar{Z}_{R\&D} \gg \bar{c}_{R\&D}$.

Учтем, что из общего количества выполненных в данной области исследований N_{sat} , первые N_{observ} будут реализованы в рамках «добросовестной» стратегии (b), т.е. с соответствующей проверкой «патентной чистоты» постановки задачи, а, начиная с $N = N_{observ} + 1$ и до $N = N_{sat}$ - согласно «рискованной» стратегии (c). С вероятностью $\frac{N}{N_{\max}}$ результаты каждого из последней категории исследований не окажутся оригинальными, хотя их получение и потребует соответствующих затрат. Т.е. при $N \geq N_{observ} + 1$, для получения каждого оригинального результата придется профинансировать, в среднем, $\left(1 - \frac{N}{N_{\max}}\right)^{-1} = \frac{N_{\max}}{N_{\max} - N}$ исследований, $N = N_{observ} + 1; \dots, N_{sat}$. Что касается первых N_{observ} исследований, то перед началом N -го исследования придется ознакомиться с предшествующими $N - 1$ работами, $N = 1; \dots, N_{observ}$.

Таким образом, целевая функция общества в сфере управления наукой (чистый выигрыш) принимает следующий вид:

¹ Заметим, что в этом случае, несмотря на то, что лишь один результат обладает общественной ценностью, частное вознаграждение получают авторы каждой оригинальной работы.

$$\begin{aligned}
U &= \bar{V}_{\max}(N_{sat}) - c_{check} \cdot \sum_{N=1}^{N_{observ}} (N-1) - \bar{Z}_{R\&D} \cdot \left(N_{observ} + \sum_{N=N_{observ}+1}^{N_{sat}} \frac{N_{\max}}{N_{\max}-N} \right) = \\
&= \bar{V}_{\max}(N_{sat}) - c_{check} \cdot \frac{N_{observ} \cdot (N_{observ} - 1)}{2} - \bar{Z}_{R\&D} \cdot \left(N_{observ} + \sum_{N=N_{observ}+1}^{N_{sat}} \frac{N_{\max}}{N_{\max}-N} \right),
\end{aligned}$$

а управляющими переменными являются принятые в научном сообществе стандарты научной новизны и отношения к дублированию исследований, описываемые в предлагаемых моделях параметрами k_{\min} и C_{doubl} . Далее рассматривается задача их оптимизации:

$$U \rightarrow \max_{k_{\min}, C_{doubl}}.$$

При этом используются описанные выше зависимости $\bar{V}_{\max}(N)$, $N_{sat}(c_{check}; C_{doubl}; \bar{c}_{R\&D}; N_{\max})$, $N_{observ}(c_{check}; C_{doubl})$, $N_{\max}(k_{\min})$. Поскольку в них используются значения обратных функций \bar{R}^{-1} , даже вычисление значения целевой функции U в конкретной точке, не говоря уже о ее максимизации, является весьма трудоемким. В общем случае поставленная оптимизационная задача решается только численно.

9.3.2. Качественный анализ поведения целевой функции общества

С целью анализа качественных особенностей целевой функции, рассмотрим поведение входящих в нее слагаемых. Поскольку N_{\max} , N_{sat} , N_{observ} , как правило, существенно больше единицы, можно приближенно считать, что

$$\frac{N_{observ} \cdot (N_{observ} - 1)}{2} \approx \frac{N_{observ}^2}{2},$$

а сумму заменить интегралом:

$$\sum_{N=N_{observ}+1}^{N_{sat}} \frac{N_{\max}}{N_{\max}-N} \approx N_{\max} \cdot \int_{N_{observ}}^{N_{sat}} \frac{dN}{N_{\max}-N} = N_{\max} \cdot \left(-\ln(N_{\max}-N) \Big|_{N_{observ}}^{N_{sat}} \right) = N_{\max} \cdot \ln \frac{N_{\max}-N_{observ}}{N_{\max}-N_{sat}}.$$

Тогда целевую функцию можно приближенно представить в следующей форме:

$$U \approx \bar{V}_{\max}(N_{sat}) - c_{check} \cdot \frac{N_{observ}^2}{2} - \bar{Z}_{R\&D} \cdot \left(N_{observ} + N_{\max} \cdot \ln \frac{N_{\max}-N_{observ}}{N_{\max}-N_{sat}} \right).$$

Обозначим для краткости C_{check} суммарные затраты на проверку новизны постановки исследовательских задач, а $C_{R\&D}$ - суммарные затраты собственно на выполнение исследований. Итак, C_{check} возрастает приблизительно пропорционально квадрату N_{observ} . $C_{R\&D}$ увеличивается с ростом N_{\max} и N_{sat} , а с ростом N_{observ} убывает, но по логарифмическому закону, т.е. медленнее, чем возрастает квадратичная функция. Иначе говоря, при сравнимых по порядку величины затратах на выполнение исследования $\bar{Z}_{R\&D}$ и на проверку его «патентной чистоты» c_{check} (что характерно для многих теоретических областей науки), увеличение порога N_{observ} , до которого проводится добросовестный анализ всех предшествующих работ, гораздо сильнее влияет на стоимость этой проверки, чем на объем и стоимость проведения дублирующих исследований. И, вопреки распространенному стереотипу, прирост затрат на проведение дублирующих исследований будет сравнительно невелик.

В общем случае расчет по вышеописанной модели, а тем более, решение оптимизационной задачи даже для одного набора значений модельных параметров является чрезвычайно трудоемким. Однако для получения качественных выводов достаточно рассмотреть следующий упрощенный

иллюстративный пример. Пусть научной ценностью обладает лишь один результат из M возможных, т.е. $\bar{V}_{\max}(N_{sat}) = \frac{N_{sat}}{M} \cdot V_M$ (см. формулу (9.7)). Для простоты не будем учитывать

убывания частных выгод исследователя с ростом числа его коллег-соперников, т.е. $\frac{\partial \bar{R}}{\partial N} \equiv 0$. Тогда в

формулах (9.3, 9.5, 9.6) нет необходимости вычислять значения обратных функций. Неравенство (9.2) примет следующий вид:

$$\bar{R} + C_{doubl} < N_{\max} \cdot c_{check},$$

и величина N_{observ} теряет смысл. Если полученное неравенство выполняется, выполнять проверку «патентной чистоты» исследовательской программы заведомо невыгодно при любом количестве ранее выполненных работ. В этом случае, согласно условию (9.4), будет выгодно выполнять исследования до тех пор, пока выполняется следующее неравенство:

$$\bar{R}(N) > \frac{\bar{c}_{R\&D} + (N/N_{\max}) \cdot C_{doubl}}{1 - (N/N_{\max})}.$$

Соответственно, насыщение данной области знаний наступит при следующем количестве выполненных работ:

$$N_{sat} = \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D}}{\bar{R} + C_{doubl}} \cdot N_{\max}.$$

Поскольку проверка оригинальности исследовательских программ не проводится, целевая функция общества принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} U &\approx \bar{V}_{\max}(N_{sat}) - \bar{Z}_{R\&D} \cdot N_{\max} \cdot \ln \frac{N_{\max}}{N_{\max} - N_{sat}} = \frac{N_{sat}}{M} \cdot V_M + \bar{Z}_{R\&D} \cdot N_{\max} \cdot \ln \left(1 - \frac{N_{sat}}{N_{\max}} \right) = \\ &= \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D}}{\bar{R} + C_{doubl}} \cdot \frac{N_{\max}}{M} \cdot V_M + \bar{Z}_{R\&D} \cdot N_{\max} \cdot \ln \left(\frac{C_{doubl} + \bar{c}_{R\&D}}{C_{doubl} + \bar{R}} \right). \end{aligned}$$

Если же выполняется противоположное неравенство:

$$\bar{R} + C_{doubl} > N_{\max} \cdot c_{check}, \quad (9.8)$$

проверка оригинальности постановки задачи предшествует выполнению всех работ, и выполняться они будут до тех пор, пока остается в силе следующее условие (см. формулу (9.6)):

$$\bar{R} - \bar{c}_{R\&D} > c_{check} \cdot N,$$

и насыщение данной области знаний наступит при следующем количестве выполненных работ:

$$N_{sat} = \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D}}{c_{check}}.$$

Целевая функция общества принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} U &\approx \bar{V}_{\max}(N_{sat}) - c_{check} \cdot \frac{N_{sat} \cdot (N_{sat} - 1)}{2} - \bar{Z}_{R\&D} \cdot N_{sat} = \left(\frac{V_M}{M} - \bar{Z}_{R\&D} \right) \cdot N_{sat} - c_{check} \cdot \frac{N_{sat} \cdot (N_{sat} - 1)}{2} = \\ &= \left(\frac{V_M}{M} - \bar{Z}_{R\&D} \right) \cdot \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D}}{c_{check}} - \frac{c_{check}}{2} \cdot \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D}}{c_{check}} \cdot \frac{\bar{R} - \bar{c}_{R\&D} - c_{check}}{c_{check}}. \end{aligned} \quad (9.9)$$

9.3.3. Численный анализ поведения целевой функции общества

Для автоматизации расчетов по данной упрощенной модели была разработана программа в табличном редакторе *Microsoft EXCEL*. Исследуем зависимость значения целевой функции от уровня штрафа за дублирование исследований C_{doubl} и жесткости требований к новизне, которая выражается, в конечном счете, максимально возможным количеством оригинальных работ N_{max} . Примем в качестве исходных следующие значения модельных параметров: $M = 100$; $V_M = 4000$; $\bar{Z}_{R\&D} = 20$; $\bar{R} = 7$; $\bar{c}_{R\&D} = 5$; $c_{check} = 1$. Такое соотношение модельных параметров соответствует теоретическим, а не экспериментальным исследованиям ($\bar{Z}_{R\&D}$ и $\bar{c}_{R\&D}$ - одного порядка), и означает, что научная деятельность является весьма рискованной и низкодоходной (\bar{R} лишь незначительно превосходит $\bar{c}_{R\&D}$). На рис. 9.1 изображены графики вычисленной по формуле (9.9) зависимости чистого выигрыша общества U от уровня штрафа за дублирование предшествующих работ C_{doubl} , который изменяется от 0 до 15 (т.е. приблизительно вдвое превышает ожидаемый частный выигрыш ученого, выполнившего оригинальную работу). При этом требования к уровню оригинальности исследовательских программ таковы, что максимально возможное количество удовлетворяющих им работ в данной области N_{max} принимает значения 10, 20 и 40 (им соответствуют различные кривые).

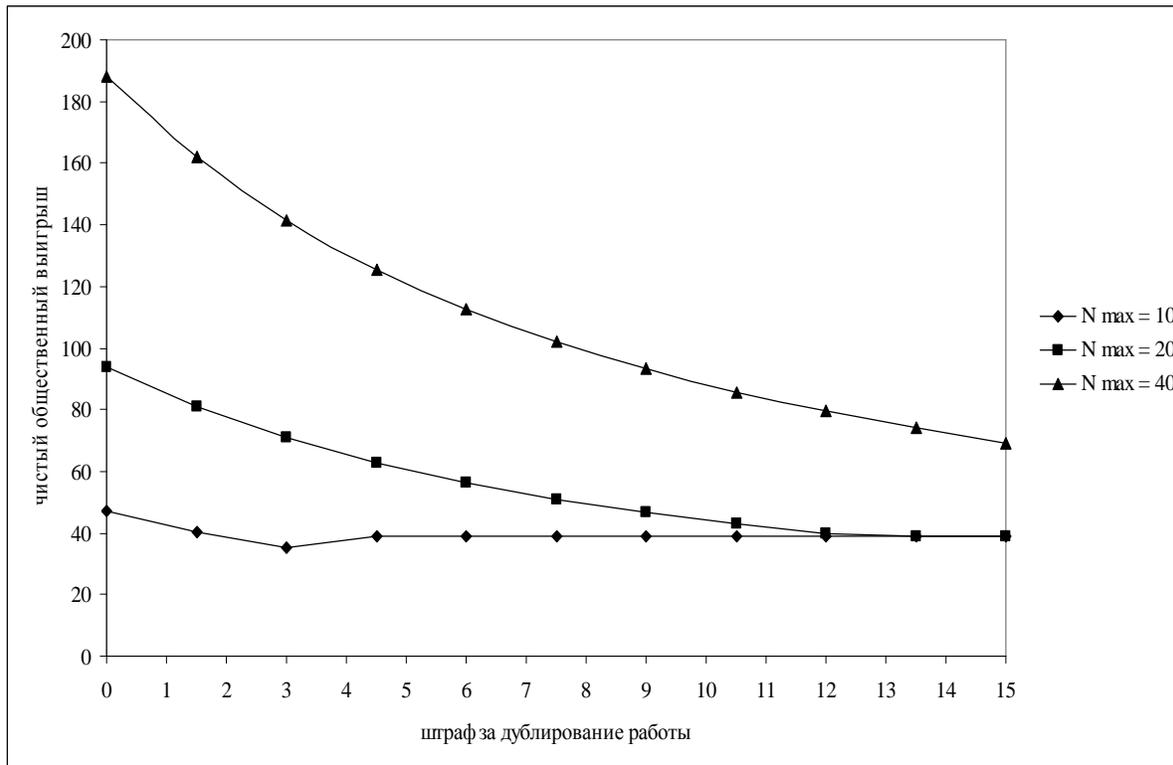


Рис. 9.1. Зависимость чистого выигрыша общества от уровня штрафа за дублирование ранее выполненных работ

Сравнение графиков показывает, что с ростом штрафа за «изобретение велосипеда», а также по мере ужесточения требований к оригинальности исследовательских программ, целевая функция общества убывает. Наличие горизонтальных участков графиков соответствует выполнению условия (9.8), т.е. ученым становится выгоднее проверять оригинальность постановки задач до начала исследований, и общество не несет избыточных затрат на дублирование ранее выполненных работ.

Рис. 9.2 аналогичен предыдущему, однако, в отличие от исходных значений параметров модели, при его построении считалось, что стоимость ознакомления с одной предшествующей работой вдвое ниже: $c_{check} = 0,5$. По сравнению с исходным случаем, возросла эффективность научных исследований при жестких требованиях к новизне (т.е. при $N_{max} = 10$ или 20). Существенно расширились и поднялись горизонтальные участки соответствующих графиков, поскольку стало существенно дешевле придерживаться «добросовестной» стратегии. Также можно заметить, что в определенном диапазоне значений C_{doubl} чистый выигрыш при более жестких требованиях к оригинальности ($N_{max} = 10$) даже выше, чем при менее жестких ($N_{max} = 20$). Причина – в том, что в этой области параметров при меньших N_{max} уже выполняется условие (9.8), и ученые, приступая к работе, добросовестно проверяют новизну поставленной задачи, а в противном случае возможны большие избыточные затраты общества на дублирование ранее выполненных исследований.

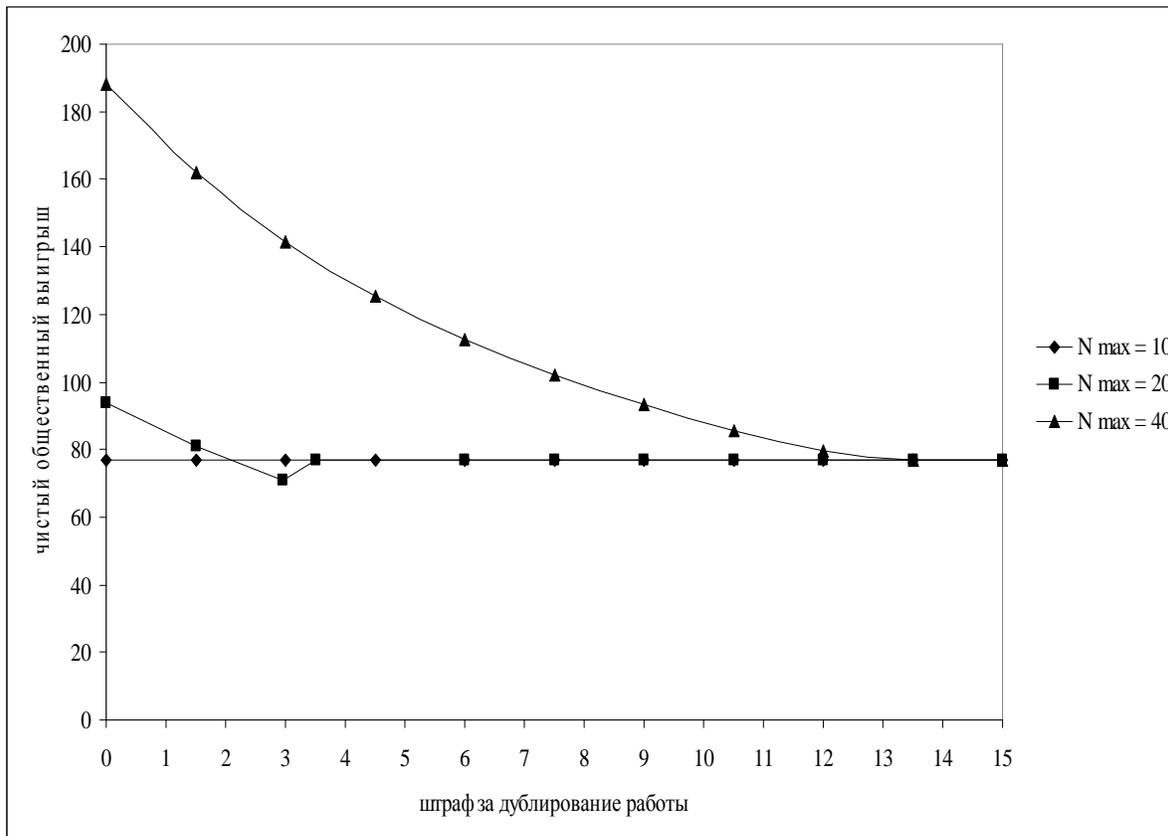


Рис. 9.2. Зависимость чистого выигрыша общества от уровня штрафа за дублирование ранее выполненных работ (снижена стоимость проверки оригинальности поставленных задач)

На рис. 9.3, в отличие от исходного рис. 9.1, принято большее значение частного выигрыша при выполнении оригинальной работы: $\bar{R} = 15$. По сравнению с ранее рассмотренными случаями, ожидаемая продуктивность научной сферы существенно возросла, поскольку увеличение вознаграждения (более чем вдвое) стимулировало значительный рост научной активности. Как и в предыдущем случае, при $N_{max} = 20$ увеличение штрафа за «изобретение велосипеда» даже повышает чистый выигрыш общества, дисциплинируя исследователей и заставляя их добросовестно выбирать направления поиска, не дублируя предшествующие работы. Еще ярче этот эффект проявляется при $N_{max} = 40$. Можно видеть, что существует некоторая общественно оптимальная ставка штрафа, которая ограничивает неоправданный рост числа дублирующих работ и соответствующих затрат общества. Однако превышение этой оптимальной ставки сильно подавляет исследовательскую

активность, что приводит к сокращению ожидаемого выигрыша общества. На рис. 9.3 дополнительно построен график для $N_{\max} = 100$, т.е. $N_{\max} = M$. В этом случае любая работа, отличающаяся от предшествующих хотя бы одним квалифицирующим признаком, считается оригинальной. Из рисунка видно, что такое увеличение свободы выбора направления исследований позволило реализовать их существенно большее количество, что положительно повлияло на продуктивность данной области науки.

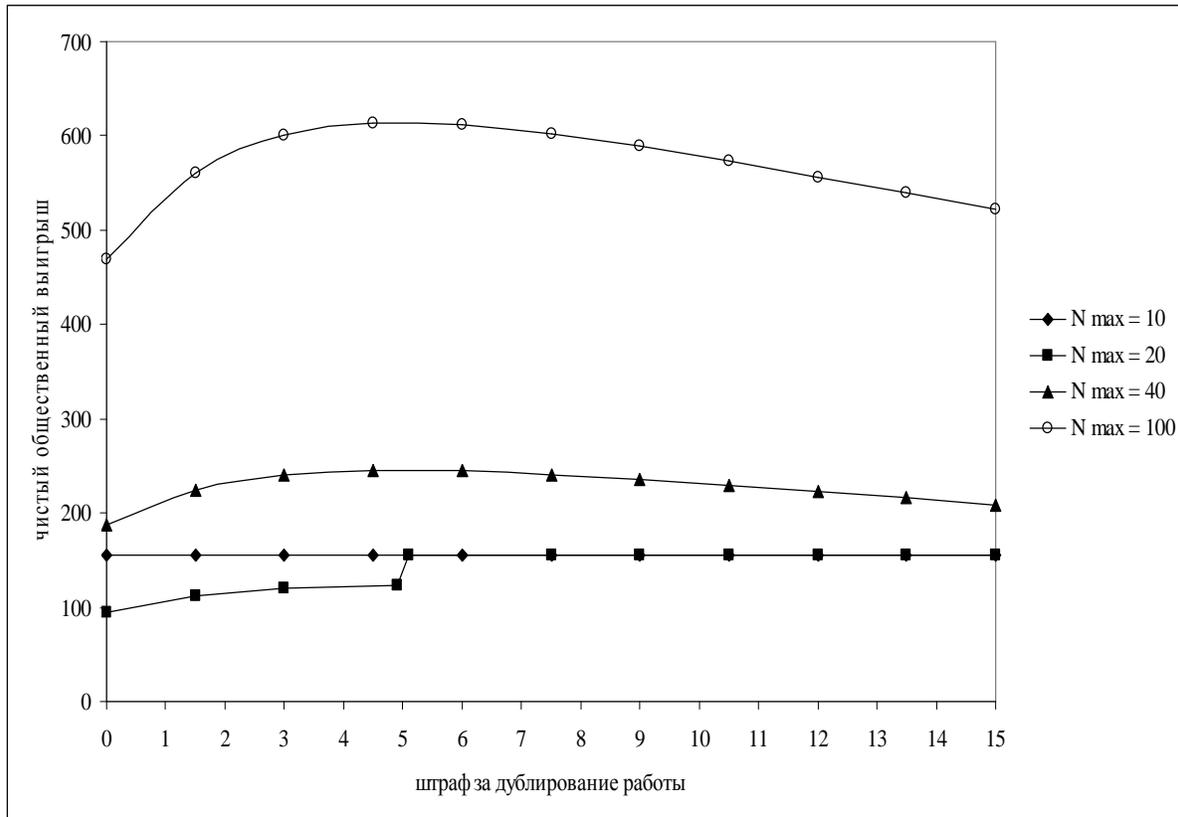


Рис. 9.3. Зависимость чистого выигрыша общества от уровня штрафа за дублирование ранее выполненных работ (увеличен ожидаемый частный выигрыш при успешном выполнении работы)

Заметим, что если бы все исследования координировались централизованно, с общественной точки зрения было бы оптимальным реализовать все 100 исследовательских программ, и чистый выигрыш общества составил бы $(4000 - 20 \cdot 100) = 2000$, что существенно выше максимальных значений, полученных выше даже в самых благоприятных случаях. Однако в предлагаемой модели учитываются затраты на самостоятельную проверку учеными оригинальности поставленных ими задач, либо затраты на выполнение дублирующих исследований (в этом случае, чтобы реализовать все 100 различных исследовательских программ, фактически придется выполнить в несколько раз больше исследований). Централизованный выбор направления исследований для каждого ученого является настолько существенным ограничением свободы научного творчества, что в реальности скорее приведет к блокированию производства новых знаний, чем факторы, учтенные в предлагаемой модели. Также можно заметить, что ослабление требований к оригинальности научных работ (т.е. увеличение N_{\max} вплоть до M) сильнее влияет на значение целевой функции общества, чем изменение штрафа за дублирование ранее выполненных работ.

9.3.4. Рекомендации по корректировке институтов научного сообщества

Анализ показывает, что в определенных, весьма реалистичных условиях с общественной точки зрения целесообразно ослабление жесткости требований к научной новизне исследовательских программ, а также наказания «изобретателей велосипеда» - более того, последних иногда целесообразно поощрять (или, по крайней мере, поддерживать соответствующие исследования в объеме потребных частных затрат $\bar{c}_{R\&D}$ и минимального гарантированного дохода исследователям). С общественной точки зрения, может быть выгоднее финансировать многократное дублирование исследований, чем тщательную проверку «патентной чистоты», поглощающую все больше времени и средств. Разумеется, в первую очередь это справедливо для теоретических исследований, а дублирование масштабных экспериментов, требующих уникального дорогостоящего оборудования и т.п., не только неэффективно (даже с точки зрения используемого здесь весьма схематичного критерия), но и в принципе нереализуемо в рамках экономических возможностей общества.

Может последовать резонный вопрос: какой смысл имеет выполнение дублирующих исследований, если даже ознакомление с N ранее выполненными работами является неоправданно трудоемким? Можно ли в этом случае рассчитывать на то, что очередная $N+1$ -я работа в данной сфере не останется без внимания? Однако следует различать ознакомление с результатами и с полным описанием процесса исследования, методов и др. Последнее (неизбежно выполняемое в рамках проверки «патентной чистоты» исследовательской программы) существенно более трудоемко. Поэтому обоснованная выше практическая рекомендация не лишена смысла.

Следует принимать во внимание, что «изобретение велосипеда» (разумеется, добросовестное) является весьма экономичным и быстрым способом повышения квалификации ученых. Заметим, что, помимо собственно выполнения научных работ, «изобретатель велосипеда» самостоятельно ставит научную проблему и планирует ее решение, а сохранение таких компетенций может быть даже важнее повышения «технической» квалификации, позволяющей непосредственно выполнять исследования по заданной программе. Кроме того, в сфере прикладных исследований и разработок, проводимых в интересах конкретных регионов, предприятий и отраслей, вероятность «изобрести велосипед» принципиально невелика, в силу специфики объектов приложения.

Ученые, занимающиеся реальными исследованиями в той или иной области, обратят внимание на сильное упрощение, содержащееся в предпосылках предложенной в данной работе модели выбора научной программы. Фактически, предшественники данного исследователя рассматриваются здесь как его конкуренты, а предшествующие работы – только как ограничители свободы научного поиска. Более естественная и продуктивная организация исследований подразумевает не конкуренцию, а кооперацию в научном сообществе. Как обосновано, например, в [41], предшествующие работы следует рассматривать как фундамент будущих исследований, источник знаний и плодотворных творческих идей, а их авторов – как коллег и союзников, а не соперников. Для корректного отражения этого фактора необходима принципиально иная (по сравнению с предложенной простейшей моделью научной новизны) модель научного результата. Необходимо отразить тот факт, что научный результат редко бывает персональным, как правило, он является итогом синтеза ряда идей и работ. Этот эффект вряд ли можно смоделировать в рамках известной концепции «коллективного изобретения» (см. [24, 122]), поскольку в ней рассматривается взаимодействие ученых разных специальностей, и ценность синтеза компетенций тем выше, чем больше их различия (а конвергенция компетенций приводит к затуханию процесса генерации знаний). Однако ученые разных специальностей и не конкурируют друг с другом. Наоборот, интересно показать, что сотрудничество исследователей, работающих в близких направлениях (между которыми в настоящее время и возникает ожесточенная конкуренция за гранты) может быть плодотворнее их соперничества.

Также, если считать, что ученые должны опираться на работы друг друга, возможно, придется пересмотреть некоторые качественные выводы изложенной выше простейшей модели оптимальной степени новизны. В этом случае критически важно именно знакомство с работами предшественников, и его отсутствие затормозит прогресс. Как и в рассмотренной выше модели, не подлежит сомнению благотворность упрощения и удешевления знакомства с работами коллег путем совершенствования научных баз данных и систем поиска, формализации, кодификации и каталогизации научных результатов и т.п. Заметим, что, помимо новых информационных технологий, это требует и институциональных изменений в научной сфере. Например, целесообразно

повышение открытости не только результатов, но и применяемых методов (что, в свою очередь, потребует открытой публикации в сети Интернет полных текстов научных работ, а не только аннотаций, что наиболее характерно для зарубежной научной прессы) и т.п.

Ужесточение конкуренции сокращает возможности более здоровых отношений в научном сообществе, основанных на кооперации и открытом информационном обмене. В итоге знакомство ученых с чужими работами все в большей степени является проверкой «патентной чистоты», а не взаимным обогащением плодотворными идеями. Как уже было отмечено выше, в современную науку приносятся элементы конкуренции, свойственные даже не бизнесу, а профессиональному спорту. Проведенный анализ дает определенные основания утверждать, что это – тупиковый путь развития институтов научного сообщества.

Автор отдает себе отчет в том, что предложенные в данной главе модели, а также полученные с их помощью качественные выводы и рекомендации сами, в свою очередь, могут оказаться неоригинальными, в силу простоты используемого инструментария и непреходящей актуальности изучаемой проблемы для многих исследователей (как в России, так и за рубежом – см., например, [11, 41]). Однако, как следует из проведенного выше анализа, это не снижает их научной и практической значимости.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 9

С помощью системы упрощенных экономико-математических моделей показано, что для повышения общественной эффективности генерации знаний при определенных условиях может быть целесообразным ослабить:

- формальные требования к оригинальности научных работ, что позволит избежать блокирования генерации новых знаний задолго до получения наиболее значимых результатов в данной области науки или техники;
- санкции (в т.ч. неформальные) за дублирование ранее выполненных работ, что позволит направить силы и средства непосредственно на поиск новых знаний и технических решений, а не на проверку «патентной чистоты», поглощающую гораздо большие ресурсы, чем возможное дублирование работ.

Ужесточение этих норм и усиление конкурентных начал в науке и техническом творчестве могут блокировать генерацию новых знаний, а также затрудняют плодотворную кооперацию между исследователями.

Глава 10. Эффективность стратегических системных исследований перспектив развития наукоемкой промышленности

10.1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ СИСТЕМНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

10.1.1. Дисфункции стратегического планирования развития российской наукоемкой промышленности

На первый взгляд, необходимость стратегического планирования в самых разных областях, в т.ч. в наукоемкой промышленности, уже никем в нашей стране не оспаривается. Однако в реальности нынешнее качество разработки и обоснования стратегий развития целого ряда отраслей российской наукоемкой промышленности представляется автору неудовлетворительным по следующим основным причинам.

1) Низкая прозрачность процесса выработки стратегических решений, касающихся развития наукоемких отраслей, снижает качество экспертно-аналитического обеспечения инновационного развития российской экономики, порождает коррупционные риски. Так, например, несмотря на наличие в стратегиях развития авиапромышленности РФ и Объединенной авиастроительной корпорации [102, 147] количественных показателей (объемов продаж, доли рынка, целевого уровня эксплуатационных расходов перспективных изделий и т.п.), в открытом доступе отсутствуют ссылки на какие-либо методические подходы, расчеты и т.п., которые использовались при обосновании их значений. Более того, авторы соответствующих обоснований анонимны по отношению к научному сообществу. Поэтому не представляется возможным оценить корректность и глубину системного анализа факторов, определяющих развитие отрасли в долгосрочной перспективе.

2) Несмотря на фигурирующее в названии слово «стратегия», соответствующие планы нередко разрабатываются не на стратегическую глубину. Поскольку стратегическое управление – это управление потенциалом предприятий и отраслей (см. [59, 107]), для отраслей с длительным жизненным циклом горизонт планирования должен существенно превышать длительность жизненного цикла одного поколения изделий. Только в этом случае можно обоснованно планировать развитие научно-технологического, кадрового и др. потенциала. Например, для гражданского авиастроения период длиной в 20 лет не является стратегическим – он охватывает лишь период продаж одного поколения гражданской авиатехники. Научно обоснованное планирование НИОКР в области авиастроения, нацеленных на создание следующих поколений изделий, должно опираться на существенно более долгосрочные прогнозы. Таким образом, многие программные документы, называемые «стратегиями», строго говоря, таковыми не являются.

3) Нередко отсутствует самостоятельность в выработке стратегических решений, и российские предприятия или органы государственного управления слепо ориентируются на поведение зарубежных компаний (или, что еще хуже, на рекомендации зарубежных экспертов, которым сами зарубежные компании отнюдь не следуют). Так, решение об ориентации гражданского авиастроения на сектор региональных пассажирских самолетов было принято, исходя из прогноза компании *Boeing, Current Market Outlook (СМО)*, составляемого на 20-летнюю перспективу, и наблюдений, показавших, что продажи в этом сегменте рынка росли с темпом 20% в год в течение нескольких лет, предшествовавших принятию решения, см. [146, 147]. Однако нет никакой гарантии, что столь высокие темпы роста определенного, весьма узкого рыночного сегмента сохранятся на протяжении длительного жизненного цикла нового типа самолетов – скорее, это невероятно. Кроме того, отсутствие самостоятельности в принятии стратегических решений чревато множеством негативных явлений:

- выбор коммерчески неэффективных или чрезвычайно рискованных для российской промышленности направлений инновационного развития (ниш рынка, целевого уровня показателей перспективной продукции и т.п.);
- постановка целей развития отрасли, не отвечающих долговременным национальным интересам России, не связанных с решением насущных проблем социально-экономического развития страны;
- сворачивание перспективных разработок, которые могли бы обеспечить лидерство российской промышленности, на основании отсутствия аналогичных разработок за рубежом (и такие

примеры имеются, см., например, [64]), априори лишаящее Россию шанса на лидерство в каких-либо сегментах рынка наукоемкой продукции.

Важно отметить, что в настоящее время ведется разработка нового Федерального закона «О стратегическом планировании в РФ». Однако успешность его реализации зависит от того, удастся ли преодолеть вышеперечисленные дисфункции, характерные, впрочем, не только для планирования развития наукоемкой промышленности.

10.1.2. Задачи системных стратегических исследований

В основе всех перечисленных проблем лежит отсутствие в России проводимых на регулярной основе системных стратегических исследований перспектив развития многих наукоемких отраслей. Результатом таких исследований должна быть постановка научно обоснованных комплексных задач развития отрасли, имеющих самостоятельное социально-экономическое значение для страны. Например, применительно к гражданскому авиастроению такими задачами могут быть: создание сверхзвукового пассажирского самолета; общедоступного авиатранспорта; авиатранспорта для малонаселенных регионов и т.п. Само по себе снижение расхода топлива на 20%, повышение крейсерской скорости на 50% и т.п. экономической и социальной значимостью не обладают – они являются лишь конкретизацией описанных комплексных задач на уровне технологий. Решение каждой комплексной задачи может требовать достижения определенного целевого уровня технико-экономических характеристик перспективной продукции. Применительно к гражданскому авиастроению соответствующие цели технологического развития могут формулироваться следующим образом: например, «снизить удельный расход топлива в авиaperевозках на $x\%$ », «обеспечить возможность взлета и посадки воздушных судов на необорудованные грунтовые аэродромы» и т.п. В свою очередь, каждая такая цель может быть достигнута различными путями. Так, целевое снижение удельного расхода топлива на $x\%$ может быть достигнуто такими способами, как «повышение аэродинамического качества воздушных судов благодаря использованию новой компоновки на $y\%$ »; «снижение массы конструкции воздушных судов благодаря внедрению полимерно-композитных материалов на $z\%$ »; «внедрение дозаправки гражданских самолетов в воздухе», и т.д. Какой из этих путей наиболее реалистичен – до начала поисковых НИР принципиально неизвестно, в чем и состоит неизбежный технический риск.

Но если результативность различных путей достижения данной цели априорно неизвестна, то социально-экономическую эффективность постановки тех или иных целей, а также риски, сопряженные с их достижением, возможно и необходимо оценивать заранее в ходе системных перспективных исследований. Так, в приведенном примере необходимо оценить, насколько повысится реальная доступность авиaperевозок вследствие намеченного повышения топливной экономичности воздушных судов. Далее необходимо проанализировать целый ряд рисков, сопряженных с возможным ростом авиационной подвижности населения – например, риск истощения пропускной способности авиатранспортной инфраструктуры, или риск проявления эффекта рикошета, описанного в п. 4.2.3. В результате действия данного эффекта спрос на авиатопливо и его цена возрастут, и ожидаемое удешевление перевозок не будет достигнуто; также возможны негативные экологические последствия. Такой системный анализ возможно и необходимо провести, еще не зная, какие именно конструктивно-технологические решения позволят достичь поставленной цели.

Как показано на приведенных выше примерах, системные стратегические исследования должны давать научно обоснованные ответы на следующие вопросы:

- 1) какой сегмент рынка наукоемкой продукции наиболее выгоден для российских предприятий?
- 2) какой уровень технико-экономических характеристик перспективной продукции является наиболее эффективным с коммерческой и социально-экономической точки зрения, безопасным по экологическим и др. соображениям, и т.п.?
- 3) реализуем ли этот уровень характеристик на базе имеющегося фундаментального научного и технологического задела?

Отсутствие корректного ответа на последний вопрос порождает опасность постановки заведомо недостижимых целей и полного провала реализации стратегии развития отрасли. Получает широкое

распространение прожектерство, усиливаются коррупционные риски в сфере финансирования НИОКР. Однако оценка технической реализуемости стратегических планов, в основном, еще проводится на удовлетворительном научном уровне, несмотря на существенную потерю кадрового и интеллектуального потенциала российской наукоёмкой промышленности. Гораздо слабее, по мнению автора, научное обеспечение ответа на первые вопросы, т.е. постановки стратегических целей технологического развития.

Важно подчеркнуть еще один аспект обсуждаемой проблемы. В последние годы на мировых рынках наукоёмкой и высокотехнологичной продукции все более активно используются такие инструменты конкурентной борьбы, как патентная защита. Можно даже говорить о *патентных войнах*, когда деятельность потенциальных конкурентов блокируется на основании наличия у более дальновидного игрока (подчеркнем, еще не достигшего успеха в поисковых НИР!) обширного портфеля т.н. *зонтичных* патентов на всевозможные варианты решения комплексных технических проблем. Такой портфель формируется на самых ранних стадиях ЖЦИ – на стадии концептуального, внешнего проектирования, еще до развертывания полномасштабных НИР, и позволяет его обладателю предъявить исключительные права в т.ч. и на результаты НИР конкурентов. Несмотря на то, что, на первый взгляд, такое избыточное патентование неэффективно и требует значительных затрат, во многих случаях такая практика полностью себя оправдывает. Условный, но реалистичный пример: перспективным решением, позволяющим даже при нынешнем уровне развития авиационных технологий сократить расход топлива на дальних авиарейсах, представляется дозаправка топлива в воздухе [61], уже несколько десятилетий применяемая в военной авиации. Однако, хотя в настоящее время не решен целый ряд технологических, экономических и правовых проблем, препятствующих внедрению дозаправки в воздухе в практику коммерческих авиаперевозок, но сам по себе принцип совершения коммерческих полетов с дозаправкой в воздухе уже может быть запатентован за рубежом. Тогда, даже если российские ученые и конструкторы окажутся лидерами в решении этих проблем, отечественные предприятия не смогут самостоятельно продавать соответствующую продукцию, получая интеллектуальную ренту – в лучшем случае, им достанется роль субподрядчика по усмотрению правообладателя. Как отмечает ряд исследователей [120], малый опыт российских наукоёмких предприятий в обращении с интеллектуальной собственностью порождает риск значительных потерь даже в тех случаях, когда их научный потенциал позволит им первыми в мире найти ценные конструктивно-технологические решения. И даже ведущие зарубежные наукоёмкие компании, гораздо более опытные в соответствующем отношении, нередко становятся объектами «патентной атаки», см., например, [139]. Надлежащая защита будущей интеллектуальной собственности во всем диапазоне возможных направлений поиска должна обеспечиваться на самых ранних стадиях ЖЦИ, что требует проведения системных перспективных исследований, позволяющих определить границы этого диапазона. Важно подчеркнуть, что патентованию подлежит не задача, а метод ее решения, поэтому зонтичное патентование (как и противодействие ему) требует понимания возможных путей достижения заданной цели. Генерация набора таких путей необходима и для развертывания НИОКР в нескольких направлениях (хотя, число фактически реализуемых направлений поиска обычно меньше числа направлений, защищаемых зонтичными патентами). С учетом описанных аспектов, в сумму $c_{проект}$, помимо собственно затрат на НИР, необходимо включать и затраты на правовую защиту потенциально успешной разработки. Однако, в отличие от затрат собственно на НИР, затраты на патентную защиту может быть целесообразным нести и после того, как какой-либо проект увенчается успехом. Это позволит лидеру блокировать деятельность конкурентов даже в тех случаях, если им удастся достичь целевого (или более высокого) уровня характеристик с использованием иных конструктивно-технологических решений, отличных от тех, что использовал лидер.

Следовательно, говоря о важности возобновления регулярных системных исследований долгосрочных перспектив развития наукоёмких отраслей, автор отнюдь не «ломится в открытую дверь». Сама постановка задачи возобновления таких исследований потребует значительных затрат и политической воли. Поэтому необходимо ясно и, по возможности, конкретно, с количественными оценками, показать возможные потери, вызванные отсутствием системных перспективных исследований в наукоёмких отраслях российской промышленности. Соответственно, можно оценить экономическую эффективность активизации таких исследований с учетом необходимых для этого затрат. Фактически, в данной главе исследуется одна из важнейших дисфункций российской промышленной политики и национальной инновационной системы.

10.2. МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОТЕРЬ ИЗ-ЗА ОТСУТСТВИЯ СИСТЕМНЫХ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

10.2.1. Анализ возможных последствий отсутствия системных стратегических исследований

С помощью описанного в пп. 1.2 и 6.1-6.2 модельного инструментария, можно количественно оценить эффективность системных стратегических исследований. В главе 6 рассматривалась лишь неопределенность путей достижения целевого уровня характеристик перспективной продукции. Она обусловлена объективными причинами, техническими рисками, недостаточностью научного задела и т.п. Как показано в п. 6.1, в этих условиях может быть целесообразной диверсификация направлений поисковых НИР, позволяющая снизить риск запаздывания достижения целевого уровня характеристик, ожидаемую продолжительность и стоимость поиска. Однако в отсутствие системных стратегических исследований перспектив развития отрасли, неопределенными становятся не столько средства достижения целевого уровня характеристик, сколько сами цели исследований и разработок. Это приводит к следующим негативным эффектам.

1) Отсутствие научно обоснованного целевого уровня показателей перспективных технологий

Во-первых, исследователи, работающие в предметных областях отраслевых технических наук (например, в аэродинамике, газовой динамике, механике полета и т.п.) вынуждены действовать в отсутствие четких целевых показателей (например, повысить аэродинамическое качество самолета на 5%), лишь пытаясь достичь, по возможности, наивысшего уровня совершенства перспективных изделий. Как обосновано в общей теории менеджмента, такая постановка целей («сделать как можно лучше») может быть малопродуктивной, затрудняет стимулирование, контроль и т.д.

Четкое установление целевого уровня показателей в ходе прикладных НИР необходимо еще и потому, что во многих случаях существуют пороговые уровни показателей технико-экономического совершенства продукции и технологий. При достижении этого порога «количество переходит в качество». Можно привести множество примеров таких пороговых эффектов. Так, лишь при достижении определенного уровня текущих эксплуатационных расходов, новый тип изделий длительного пользования может быть классифицирован как «прорывной», о чем подробно рассказано в п. 1.3.2. Соответственно, его появление на рынке вызовет моральное устаревание имеющейся техники и стимулирует ускоренное обновление парка, массовые закупки изделий нового поколения (подробнее см. [69, 77]). Если же не удастся добиться «прорывного» снижения эксплуатационных затрат, новый тип изделий будет приобретаться лишь для замены машин, выработавших свой ресурс, или для расширения парка (потребность в котором, как обосновано в п. 1.3.1, очень нестабильна). Другой пример: только при достижении некоторого порогового уровня времени и стоимости смены поставщиков комплектующих изделий, такая смена станет экономически оправданной, и позволит производителю сложной финальной продукции гибко менять поставщиков комплектующих изделий в случаях изменения ценовой политики, повышении дефектности или нарушений ритмичности поставок. При достижении этого порогового уровня гибкости межфирменных связей, формируются т.н. *виртуальные производственные объединения* с гибким составом участников, подробнее см. [63, 97]. В свою очередь, обеспечить необходимый уровень времени и стоимости смены поставщиков комплектующих можно лишь при условии обеспечения определенных пороговых характеристик информационных систем, производственного оборудования и т.п. Если они не будут достигнуты, формирование виртуальных предприятий нецелесообразно, и рациональная организационная структура промышленности будет выглядеть иначе, о чем подробно рассказано в работе [63]. Таким образом, если пороговые уровни технико-экономических показателей не будут достигнуты, соответствующие исследования и разработки не будут иметь существенного социально-экономического значения. И специалистам, работающим над улучшением этих технико-экономических показателей, необходимо знать этот пороговый уровень, по возможности, стремясь его достичь. Если же он принципиально недостижим при нынешнем уровне научного задела – инженеры должны быть ориентированы, скорее, на достижение временного, а не качественного превосходства над современными изделиями (как обосновано в п. 2.2.1).

2) Невозможность научно обоснованного выбора приоритетных направлений инновационного развития

Во-вторых, невозможность научно обоснованного выделения приоритетных направлений исследований и разработок приводит к повышению стоимости и длительности поисковых НИР, а также к снижению их результативности, что особенно критично в условиях жесткой конкуренции на рынках наукоемкой продукции. Для количественной оценки соответствующих негативных последствий, рассмотрим следующую экономико-математическую модель. Предположим, что всего может быть поставлено $j = 1, \dots, M$ возможных целей инновационного развития отрасли, причем, к достижению j -й цели может привести N^j возможных путей. Для простоты будем считать эти количества одинаковыми для всех возможных целей и равными N . Различные пути достижения данной цели на начальном этапе реализации программы инновационного развития могут характеризоваться лишь ожидаемым временем достижения успеха поисковых НИР t , а также среднегодовым объемом финансирования, потребного для реализации поискового исследовательского проекта $c_{\text{проект}}$. В таких условиях стратегия исследований и разработок зависит от трех групп факторов:

1) взаимосвязи различных целей инновационного развития отрасли (являются ли они взаимоисключающими, независимыми, или при их совместной реализации достигается синергетический эффект);

2) наличия либо отсутствия стратегических системных исследований, позволяющих оценить эффективность постановки тех или иных целей;

3) располагаемого ресурсного обеспечения (финансового, кадрового и др.).

Ограничения могут накладываться как на суммарную стоимость программы НИР (до завершения):

$$C_{\text{НИР}} \leq C_d,$$

так и на поток финансирования, измеряемый в денежных единицах в год:

$$c_{\text{НИР}} \leq c_d$$

(нижний индекс «d» - от англ. disposable). В условиях ограниченности бюджетных расходов второй вариант может быть более жестким. Кроме того, суммарная стоимость программы НИР заранее непредсказуема, в силу случайного времени достижения успеха, и, строго говоря, на этапе принятия решения можно оперировать лишь ожидаемой стоимостью НИР $\bar{C}_{\text{НИР}}$. Поэтому в дальнейшем рассматривается именно второй вариант – ограниченность потока финансирования. Что касается ожидаемой суммарной стоимости НИР $\bar{C}_{\text{НИР}}$, она учитывается в критериях эффективности проектов – например, ожидаемой прибыли или чистой текущей стоимости. Располагаемую сумму c_d необходимо соотнести с потребным объемом финансирования одного поискового проекта $c_{\text{проект}}$.

Таким образом, в рамках бюджетного ограничения можно одновременно реализовать не более $\frac{c_d}{c_{\text{проект}}}$ поисковых исследовательских проектов.

Рассмотрим процесс взаимодействия отечественной и обобщенной зарубежной наукоемкой промышленности, обозначив этих игроков, соответственно, B и A . Если всевозможные цели инновационного развития отрасли являются взаимоисключающими, тогда при наличии информации об их эффективности было бы естественным выбрать цель, дающую отрасли максимальную прибыль или обладающую наибольшей социально-экономической эффективностью в масштабах страны (с учетом внешних эффектов), и вести для ее достижения поисковые исследования, по возможности, в наибольшем количестве направлений N (которое, как говорилось в п. 6.2, ограничено наличием оригинальных идей и квалифицированных исследователей, способных их развивать). Предположим, что именно так и действует зарубежная наукоемкая промышленность. На основе системных исследований перспектив своего развития, она осознанно выбирает наиболее выгодный для себя

сегмент рынка¹ j_{opt}^A . Будем считать, что она располагает и всеми необходимыми ресурсами для проведения поисковых НИР в N направлениях, т.е. $N \cdot c_{\text{проект}} \leq c_d^A$. Согласно модели поисковых НИР со случайным временем достижения успеха, предложенной в п. 6.1, это позволит ей достичь поставленной цели за следующее ожидаемое время (см. формулу (6.2)):

$$\bar{T}_{\text{НИР}}^A = \sum_{T=1}^{+\infty} T \cdot P\{T\} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^N},$$

где $P\{T\}$ – вероятность завершения поисковых НИР в течение T лет. При этом ожидаемый объем затрат зарубежной промышленности на поисковые НИР можно оценить по следующей формуле (см. формулу (6.3)):

$$C_{\text{НИР}}^A = N \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^N}.$$

В отсутствие системных исследований, обоснованно сравнить эффективность постановки тех или иных целей инновационного развития не представляется возможным, и отечественной наукоемкой промышленности остается придерживаться следующих возможных стратегий:

1. *Стратегия подражания*: ориентируемся на целевой сегмент рынка, избранный зарубежными конкурентами.

2. *Волонтаристская стратегия*: самостоятельно выбираем целевой сегмент рынка, но не научно обоснованным, а произвольным образом.

Ниже предлагаются подходы к количественной оценке последствий реализации этих стратегий, разработанные при участии Н.В. Ивановой [71].

10.2.2. Последствия реализации стратегии подражания

В случае, если избрана стратегия подражания, российская промышленность также стремится достичь цели j_{opt}^A , проводя поисковые НИР в следующем количестве направлений:

$$n^B = \min\left(\frac{c_d^B}{c_{\text{проект}}}; N\right).$$

Динамика взаимодействия игроков зависит от информированности отечественной промышленности о направлении НИР, выбранном зарубежными конкурентами. Если они открыто объявляют о своих стратегических целях (что, в основном, соответствует действительности – см., например, Национальный план США в области авиации, [135]), оба игрока начинают поисковые НИР практически одновременно. Для получения количественных оценок может использоваться описанная в п. 6.2 простейшая модель временной конкуренции с учетом случайного времени окончания поисковых НИР. С ее помощью можно оценить ожидаемые значения прибыли обоих игроков $\bar{\Pi}_A^{j_{opt}^A}$ и $\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A}$.

Как показано в п. 1.2 и в работе [75], прямая конкуренция с зарубежной наукоемкой промышленностью во многих отраслях является малоэффективной и рискованной. Кроме того, целевой сегмент рынка, избранный зарубежной промышленностью, может обладать низкой социально-экономической эффективностью с точки зрения интересов развития России. Как показано в работе [73] применительно к гражданскому авиастроению, вполне возможно, что существуют иные рыночные сегменты, освоение которых позволило бы значительно успешнее решить насущные социально-экономические проблемы России, чем подражание зарубежным конкурентам – и при этом

¹ Возможно, составной сегмент, включающий в себя несколько «элементарных» сегментов рынка.

избежать прямой конкуренции с ними. Обозначим такой целевой сегмент J_{opt}^B . Если бы была выбрана именно данная цель, и на ее достижение были бы направлены все имеющиеся ресурсы, отечественная промышленность осталась бы в избранном сегменте рынка монополистом и получила бы ожидаемую прибыль $\bar{\Pi}_B^{J_{opt}^B} > \bar{\Pi}_B^{J_{opt}^A}$, которую можно оценить с помощью соответствующих моделей. Однако стратегия подражания не оставляет возможности для достижения такой цели, даже если такой сегмент рынка действительно существует – более того, его поиск не предполагается.

Таким образом, ожидаемые потери российской наукоемкой промышленности вследствие подражания зарубежным конкурентам в выборе целевого сегмента рынка можно оценить как разность $\left(\bar{\Pi}_B^{J_{opt}^B} - \bar{\Pi}_B^{J_{opt}^A} \right)$. Заметим, что практически получить оценки потерь по описанному алгоритму сложно – для этого необходимо знать прибыль, которую получила бы российская промышленность, выбирая те или иные альтернативные рыночные ниши. Выявить эти ниши, а также оценить эффективность их освоения и найти среди них наиболее перспективную, можно лишь в результате системных стратегических исследований (которые, как правило, не проводятся, что и послужило поводом для предпринятого здесь анализа).

Для иллюстрации предлагаемого подхода к оценке потерь вследствие механического подражания зарубежной промышленности, рассмотрим пример, приведенный в п. 1.2 на рис. 1.5. Перед российским гражданским авиастроением стоит выбор целевых сегментов рынка авиатехники. Рассматриваются следующие альтернативы:

- работать в сегменте I, соответствующем агрегированному рынку пассажирских самолетов, на котором в настоящее время господствует зарубежное авиастроение;
- работать в сегменте II, соответствующем рынку сверхтяжелых грузовых самолетов, где отечественная авиапромышленность обладает ключевыми компетенциями;
- работать одновременно в обоих сегментах.

В расчетах, результаты которых приведены на рис. 1.5, и здесь приняты следующие исходные данные:

- общая продолжительность ЖЦИ в обоих сегментах $T_{жци I} = T_{жци II} = 25$ лет ;
- ожидаемое время выхода на рынок игроков A и B , соответственно, в сегментах I и II: $T_{A,I}^0 = 5$ лет ; $T_{B,I}^0 = 10$ лет ; $T_{A,II}^0 = 5$ лет ; $T_{B,II}^0 = 3$ г. ;
- совокупный спрос на продукцию в сегментах I и II, соответственно, на монопольном и конкурентном рынках: $q_I^M = 1035$ ед./г ; $q_I^K = 1240$ ед./г ; $q_{II}^M = 12$ ед./г ; $q_{II}^K = 15$ ед./г ;
- цена изделий в сегментах I и II, соответственно, на монопольном и конкурентном рынках: $p_I^M = 90$ млн. долл./ед. ; $p_I^K = 75$ млн. долл./ед. ; $p_{II}^M = 150$ млн. долл./ед. ; $p_{II}^K = 120$ млн. долл./ед. ;
- постоянные затраты на НИОКР и ТПП (*общие* – для всех изделий, и *специфические* – для сегментов I и II) игроков A и B , соответственно: $FC_A^{общ} = 5$ млрд. долл. ; $FC_{A,I}^{спец} = 25$ млрд. долл. ; $FC_{A,II}^{спец} = 5$ млрд. долл. ; $FC_B^{общ} = 0$; $FC_{B,I}^{спец} = 40$ млрд. долл. ; $FC_{B,II}^{спец} = 2$ млрд. долл. ;
- удельные материальные затраты игроков A и B на 1 изделие, соответственно, в сегментах I и II: $c_{A,I}^{мат} = c_{B,I}^{мат} = 45$ млн. долл./ед. ; $c_{A,II}^{мат} = c_{B,II}^{мат} = 75$ млн. долл./ед. ;
- удельные затраты на оплату труда на первое изделие для игроков A и B , соответственно, в сегментах I и II: $c_{A,I}^{тр1} = c_{B,I}^{тр1} = 60$ млн. долл./ед. ; $c_{A,II}^{тр1} = c_{B,II}^{тр1} = 100$ млн. долл./ед. ; темп обучения $\lambda = 15\%$.

Такой набор исходных данных показывает, что отечественная авиапромышленность обладает ключевыми компетенциями в сегменте II (сверхтяжелых грузовых самолетов), однако возвращение на рынок пассажирских самолетов (сегмент I) потребует от нее значительных инвестиций и времени,

в силу накопившегося отставания. На рис. 1.5 было показано, что в такой ситуации зарубежная авиапромышленность не составит конкуренции отечественной на рынке сверхтяжелых грузовых самолетов при любой возможной доле на этом рынке. Т.е. это – практически безрисковый сегмент рынка для отечественных предприятий, и на него следует ориентироваться в первую очередь, особенно если ожидаемая доля рынка пассажирских самолетов невелика. В то же время, стоимостная и натуральная емкость рынка пассажирских самолетов почти на два порядка больше, чем емкость узкой ниши рынка сверхтяжелых грузовых самолетов. Придерживаясь стратегии подражания зарубежному авиастроению, российские предприятия могут отказаться от этой ниши, несмотря на ключевые компетенции, которыми в ней обладали. Фактически, это и произошло во многих отраслях наукоемкой и высокотехнологичной промышленности. На рис. 10.1 показаны графики ожидаемой прибыли российского авиастроения за весь ЖЦ данного поколения изделий при различном стратегическом позиционировании отрасли (только в сегменте I; только в сегменте II; одновременно в обоих сегментах рынка гражданской авиатехники) в зависимости от доли, которую отечественным авиастроителям удастся занять на рынке пассажирских самолетов (т.е. в сегменте I).

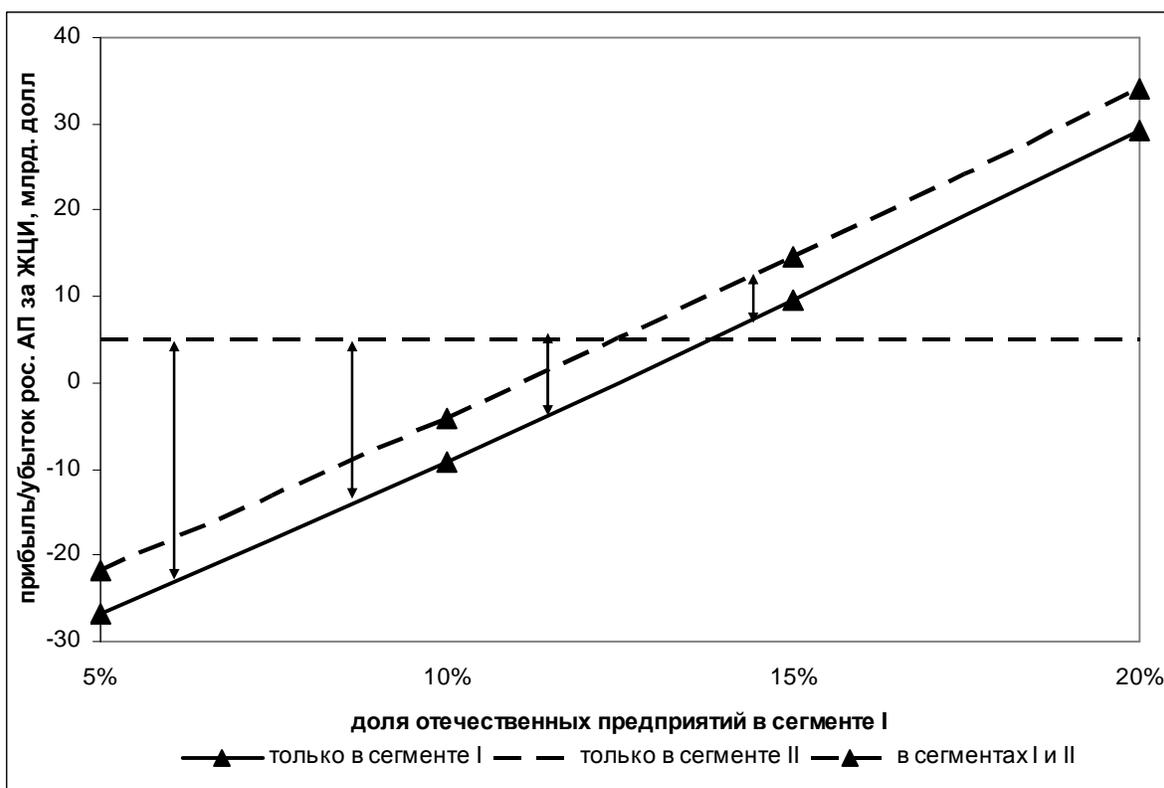


Рис. 10.1. Потери вследствие подражания зарубежным конкурентам (пример)

Из рисунка видно, что стратегия механического подражания в данном примере никогда не является наилучшей. При малых долях рынка пассажирских самолетов (приблизительно до 12-13%) российским предприятиям вообще не следует выходить на этот рынок, работая в своей, пусть узкой, но почти безрисковой и вполне рентабельной нише. При больших долях освоение рынка пассажирских самолетов становится выгодным, но и при этом отечественному авиастроению нецелесообразно отказываться от своих ключевых компетенций на рынке грузовых самолетов. Графически потери прибыли вследствие стратегии подражания можно измерить как расстояние между верхней огибающей всех графиков и линией, соответствующей точному подражанию стратегии зарубежных конкурентов (на рисунке это расстояние отображается стрелками). Эти потери будут выше (как в относительном, так и в абсолютном выражении), если позиции российской промышленности в традиционной сфере деятельности конкурентов слабы. В большинстве отраслей наукоемкой промышленности это соответствует действительности. Особо подчеркнем, что в данном

примере отечественная промышленность обладает ключевыми компетенциями в одной, чрезвычайно узкой нише, емкость которой на два порядка ниже емкости сегмента рынка, занятого зарубежными конкурентами. И даже в этом случае подражание конкурентам и неоправданный отказ от своих ключевых компетенций приводит к значительным потерям прибыли. Если же учесть, что российская наукоемкая промышленность (в т.ч. авиационная) могла бы, решая насущные социально-экономические проблемы России и других развивающихся стран, открыть новые ниши рынков, обладающие гораздо большей емкостью, неэффективность стратегии подражания становится еще более значительной.

Ситуация усугубляется, если стратегия подражания реализуется с существенным запаздыванием относительно зарубежных конкурентов. Отечественная промышленность может начать поисковые НИР для освоения сегмента j_{opt}^A , когда конкуренты уже завершили НИР, или даже вывели новый продукт на рынок. Такое поведение мотивируется желанием избежать инновационных рисков, идти путем, уже проторенным конкурентами. Строго говоря, такая стратегия не является инновационной, поскольку в этом случае отечественная промышленность заведомо не будет новатором – она соглашается с ролью имитатора. Как показано в работе [30], такое поведение может быть оправданным, если у имитаторов имеются резервы существенного снижения себестоимости относительно уровня, достигнутого новатором (даже с учетом эффекта обучения), а также, если спрос на данный продукт высокоэластичен по цене. Однако первое условие выполнимо, скорее, в ряде стран АТР, но не в России. Что касается эластичности спроса по цене, на многих рынках она также невысока. В итоге благодаря такой «осторожной» стратегии отечественные предприятия обречены на отставание и проигрыш во временной конкуренции.

Соответствующие потери можно оценить путем небольшой модификации описанной в п. 6.1 модели временной конкуренции со случайным временем окончания поисковых НИР. Для каждого момента окончания НИР зарубежной промышленностью $T_{НИР}^A$ (либо, момента вывода нового продукта на рынок $T^A = T_{НИР}^A + T_{ОКР}^A + T_{ТПП}^A$) как момента начала поисковых НИР российской промышленности, необходимо рассчитать ожидаемую прибыль последней:

$$\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{T_{нач}^B = T_{НИР}^A} = \sum_{T_{НИР}^B} P\{T_{НИР}^B\} \cdot \Pi_B^{j_{opt}^A}(T_{НИР}^A, T_{НИР}^A + T_{НИР}^B),$$

либо

$$\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{T_{нач}^B = T^A} = \sum_{T_{НИР}^B} P\{T_{НИР}^B\} \cdot \Pi_B^{j_{opt}^A}(T_{НИР}^A, T^A + T_{НИР}^B),$$

где $\Pi_B^{j_{opt}^A}(x, y)$ - прибыль отечественных предприятий, работающих в сегменте j_{opt}^A , за весь ЖЦ данного поколения изделий, при условии, что зарубежная промышленность завершила поисковые НИР через x лет после начала периода моделирования, а российская – через y лет;

$T^A = T_{НИР}^A + T_{ОКР}^A + T_{ТПП}^A$ - длительность предпроизводственных стадий ЖЦ продукции зарубежной промышленности (т.е. момент ее выхода на рынок в сегменте j_{opt}^A);

$P\{T_{НИР}^B\}$ - вероятность того, что российские предприятия завершат поисковые НИР за $T_{НИР}^B$ лет.

Затем можно найти математическое ожидание прибыли российской промышленности с учетом вероятностей завершения поисковых НИР зарубежной промышленностью в различные моменты времени:

$$\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{B_{нач} = A_{НИР}} = \sum_{T_{НИР}^A} P\{T_{НИР}^A\} \cdot \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{T_{нач}^B = T_{НИР}^A}, \text{ или } \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{B_{нач} = A} = \sum_{T_{НИР}^A} P\{T_{НИР}^A\} \cdot \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} \Big|_{T_{нач}^B = T^A},$$

где $P\{T_{НИР}^A\}$ - вероятность того, что зарубежные предприятия завершат поисковые НИР за $T_{НИР}^A$ лет.

При наличии этих оценок, можно оценить потери отечественной промышленности не только относительно гипотетической «идеальной» стратегии, при которой выбирается оптимальный рыночный сегмент j_{opt}^B , но и относительно более определенной стратегии «мгновенного» подражания, при котором российские предприятия начинают поисковые НИР одновременно с зарубежными в том же рыночном сегменте j_{opt}^A , и могут рассчитывать в этой временной конкуренции на ожидаемую прибыль $\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A}$. Если российские предприятия начинают НИР по достижении успеха НИР иностранными конкурентами, потери выражаются разностью $\left(\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} - \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^B} \Big|_{B_{нач}=A_{НИР}} \right)$, а если только после выхода зарубежной продукции на рынок – то разностью $\left(\bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} - \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^B} \Big|_{B_{нач}=A} \right)$.

10.2.3. Последствия реализации волонтаристской стратегии

В случае, если избрана волонтаристская стратегия, и целевой сегмент выбирается случайным образом в начальный момент времени, далее для достижения избранной цели финансируются поисковые НИР в, возможно, большем количестве направлений:

$$n^B = \min \left(\frac{c_d^B}{c_{\text{проект}}}; N \right).$$

При этом, согласно формулам (6.2-6.3), ожидаемый срок окончания НИР составляет $\frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^B}}$ лет, а ожидаемые затраты на всю программу НИР составят $n^B \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{n^B}}$.

Однако в случае волонтаристского выбора любая цель может быть выбрана лишь случайно, с вероятностью $\frac{1}{M}$. С такой вероятностью может быть выбрана цель j_{opt}^A , аналогичная цели зарубежных конкурентов, и тогда реализуется описанная выше ситуация прямой временной конкуренции с зарубежными компаниями (с одновременным началом НИР в России и за рубежом). С такой же вероятностью может быть избрана цель j_{opt}^B , наиболее предпочтительная для отечественной промышленности, и реализуется сценарий монопольного освоения соответствующей рыночной ниши. Во всех остальных случаях будут избраны иные сегменты рынка. Вероятность такого исхода составляет $\frac{M-2}{M}$. Вряд ли перспективные ниши рынка многочисленны – вероятнее всего, остальные $(M-2)$ целей соответствуют малопривлекательным для российских предприятий рыночным сегментам (в которых, впрочем, зарубежная наукоемкая промышленность также не составит конкуренцию отечественной). Предположим, что реализация любой из прочих $(M-2)$ стратегий развития принесет российским предприятиям среднюю прибыль $\bar{\Pi}_B^j \ll \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A}$, $\forall j \neq j_{opt}^A$ или j_{opt}^B . Таким образом, ожидаемое значение прибыли отечественной промышленности при волонтаристском выборе цели развития определяется следующей формулой:

$$\bar{\Pi}_B^{\text{вол}} = \frac{1}{M} \cdot \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^B} + \frac{1}{M} \cdot \bar{\Pi}_B^{j_{opt}^A} + \frac{M-2}{M} \cdot \bar{\Pi}_B^j.$$

Как и в случае стратегии подражания, корректная оценка потерь из-за волонтаризма в выборе направлений развития отрасли требует наличия оценок ожидаемой прибыли отечественной промышленности для всех альтернативных направлений (рыночных ниш) $\{\bar{\Pi}_B^j\}$, $j=1, \dots, M$. Такая информация может появиться только в результате системных стратегических исследований. Однако

даже без количественных примеров, в общем виде, рассматриваемая здесь модель позволяет прийти к некоторым важным качественным выводам и рекомендациям.

Случайный выбор цели может осуществляться не только в начале ЖЦИ, но и по мере достижения успеха поисковых НИР. Разворачиваются поисковые НИР, направленные на достижение нескольких целей. Если количество таких целей обозначить $m \leq M$, тогда для достижения каждой из них используется, в среднем, $n \leq N$ способов, где $m \cdot n \leq \frac{c_d}{c_{\text{проект}}}$. В условиях жестких финансовых

ограничений вполне возможны такие ситуации, что $n < 1$, т.е. далеко не все возможные цели получают хотя бы шанс на достижение. По ряду направлений (вполне возможно, что в их число попадут наиболее эффективные с коммерческой или социальной точек зрения) поиск вообще не будет проводиться.

Как только хотя бы один поисковый проект увенчается успехом, все прочие поисковые НИР приостанавливаются, и далее достигается соответствующая цель. Поскольку программа НИР прекращается, если хотя бы одна цель будет достигнута хотя бы одним способом, ожидаемое время

$$\text{окончания НИР составит } \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{m \cdot n}} \geq \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{\frac{c_d}{c_{\text{проект}}}}}, \text{ а ожидаемая стоимость будет равна}$$

$$m \cdot n \cdot c_{\text{проект}} \cdot \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{m \cdot n}} \leq \frac{c_d}{1 - \left(1 - \frac{1}{\tau}\right)^{\frac{c_d}{c_{\text{проект}}}}} \text{ (здесь используются формулы (6.2-6.3)).}$$

И хотя в данном случае изначально выбрано m целей, все равно, в конечном счете, достигается лишь одна (та, которой соответствует первый успех поисковых НИР). Поэтому вероятности выбора тех или иных рыночных сегментов будут теми же, что и при изначальном выборе единственной цели. Однако при расчете ожидаемых значений прибыли необходимо использовать соответствующие значения длительности и стоимости НИР. Как они соотносятся со значениями, полученными при

случайном выборе цели в начальный момент времени? Если $\frac{c_d^B}{c_{\text{проект}}} \leq N$ (проще говоря, если дефицит средств сильнее, чем дефицит оригинальных идей и квалифицированных кадров, способных их

развивать), они совпадают. Если же $\frac{c_d^B}{c_{\text{проект}}} > N$, тогда $m \cdot n \geq n^B$, и второй вариант предпочтительнее

по срокам достижения цели – пусть и случайно выбранной. Таким образом, в том случае, если располагаемый объем финансирования позволяет вести поиск путей достижения более чем одной цели инновационного развития во всех возможных направлениях – не следует заранее ограничивать спектр этих целей, если только не известно достоверно, какая именно цель наиболее эффективна с коммерческой или социальной точки зрения. В противном случае, волюнтаристский выбор единственной цели в самом начале программы исключает возможность более раннего достижения иных целей (которые в данном случае ничуть не хуже выбранной – как гласит пословица, «для корабля, который не знает, куда идет, нет попутного ветра»).

Разумеется, помимо описанных выше, существуют и другие варианты нерациональных стратегий поведения отрасли в отсутствие перспективных исследований. Так, например, в период наиболее жестокого дефицита средств на НИОКР (в 1990-х гг.) во многих отраслях российской наукоемкой промышленности нередко принималось следующее решение. Ограниченный объем средств распределялся практически равномерно между множеством проектов, на каждый из которых приходилось существенно меньше $c_{\text{проект}}$. При этом делалось заведомо невозможным достижение результата ни в одном проекте (чем провоцировалось нецелевое расходование средств), необратимо разрушался кадровый потенциал исследовательских и конструкторских коллективов, деградировала материально-техническая база, поскольку выделяемых средств было недостаточно даже для их поддержания. Поэтому такое решение здесь не рассматривается, и считается, что каждый поисковый проект, принятый к реализации, получает необходимое ресурсное обеспечение в полном объеме. В отличие от рациональных стратегий поведения, всевозможные дисфункции сложно описать

исчерпывающим системным образом. Моделирование ограниченной рациональности (а тем более, заведомо нерационального поведения) существенно сложнее, чем моделирование рационального поведения.

10.3. ПРОБЛЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМНЫХ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рекомендации о возобновлении стратегических исследований нуждаются в детальной проработке организационных аспектов. Ниже перечислены некоторые основные принципы, которые должны быть соблюдены, и противоречия между ними.

Системность подходов и компетентность исследователей. Развитие любой отрасли, тем более, в долгосрочной перспективе, может оказывать сильное, но неочевидное влияние на другие отрасли, в т.ч. отложенное во времени. Прогнозирование таких системных эффектов требует понимания межотраслевых связей, проблем и перспектив развития взаимодействующих отраслей.

В связи с этим, необходимо особо подчеркнуть центральную роль, которую должна играть экономическая наука в стратегическом планировании развития наукоемкой промышленности. Несмотря на междисциплинарный характер системных стратегических исследований, центральное место в них принадлежит именно отраслевой экономике как системной дисциплине, интегрирующей различные (и часто противоречивые) аспекты развития сложной техники. Даже в тех случаях, когда ставятся цели, далекие от коммерческих (например, повышение экологической чистоты техники), необходим, в первую очередь, экономический анализ реализуемости тех или иных инноваций в условиях противоречивых интересов, разработка экономических механизмов преодоления таких противоречий. Характерный пример – описанный в главе 4 риск проявления эффекта рикошета при внедрении ресурсосберегающих и экологически чистых технологий. Это не технический, а социально-экономический феномен. Поэтому его прогнозирование и нейтрализация требуют понимания экономических процессов.

Таким образом, именно экономические факторы являются и движущими силами технологического развития, и его ограничителями. При этом во многих отраслях интеллектуальный потенциал в сфере отраслевой экономики и системных междисциплинарных исследований, фактически, утерян. Многие работы, претендующие на принадлежность к отраслевым экономическим исследованиям, в реальности не содержат отраслевой специфики, а лишь мимикрируют под нее, являясь переложением «универсальных» экономических и управленческих теорий с использованием отраслевой терминологии. Такое положение дел закономерно, поскольку длительное время в современной российской хозяйственной практике и в мейнстриме экономической науки господствовал принцип: «любая отрасль – это такой же бизнес, как и любой другой». Однако, безусловно, отраслевая специфика имеет место и налагает уникальный отпечаток на экономику любой отрасли. Непонимание этой специфики уже нанесло серьезный ущерб, как самим наукоемким отраслям, так и авторитету экономической науки. Содержательные исследования отраслевых экономических проблем требуют синтетического инженерно-экономического образования. Соответствующей компетентностью обладали отраслевые экономисты советской эпохи. Однако созданные ими экономические модели во многом утратили актуальность вследствие происшедшей в стране смены хозяйственного уклада, а задача создания столь же развитых теорий отраслевой экономики в рыночных условиях практически не решалась. Образовавшийся вакуум заполнялся «исследованиями» такого уровня, что слова «эксперт», «аналитик» и т.п. уже приобрели в среде работников наукоемких отраслей устойчивый негативный смысл.

Открытость для профессионального сообщества. Одним из главных недостатков фактически сложившейся системы стратегических разработок является, как сказано выше, непрозрачность процесса выработки стратегических решений, и, как следствие – коррупционные риски и некомпетентность привлекаемых исполнителей. В обязательном порядке необходимо формировать открытые площадки для обмена идеями по вопросам развития отрасли, а также критики вырабатываемых решений. С одной стороны, должен обеспечиваться свободный доступ в это информационное пространство всех желающих (с оценкой уровня компетентности самим профессиональным сообществом). С другой стороны, отработанные на таких площадках идеи и решения должны учитываться при корректировке принимаемых решений, т.е. описанный институт

должен быть включен в контур обратной связи системы стратегического управления наукоемкими отраслями.

Независимость и самостоятельность. Необходимо обеспечить независимость исследователей от руководства предприятий отрасли, поскольку результаты стратегического анализа нередко будут противоречить личным или корпоративным интересам (в особенности, краткосрочным). Тем более, исследователи должны быть независимы от текущего финансового состояния соответствующей отрасли по следующим причинам:

- упомянутый выше системный эффект, влияние любой отрасли на многие другие;
- результаты стратегических исследований и разработок скажутся на состоянии данной отрасли и прочих отраслей через несколько десятилетий.

Эффект стратегических системных исследований перспектив развития наукоемких отраслей является сильно отложенным во времени – на период, характерный для стратегического горизонта планирования, т.е. порядка десятилетий. Следует особо подчеркнуть, что это не фундаментальные исследования, где такой отложенный эффект неизбежен (и потому ведущую роль играют критерии, не связанные с практической эффективностью результата), а сугубо прикладные. В связи с этим, возникают проблемы мотивации, ответственности, контроля качества и т.п. В принципе, аналогичные проблемы возникают, например, в сфере корпоративного управления: решения, принятые нынешними менеджерами, могут оказывать долговременное влияние на развитие компании, далеко выходящее за временные рамки пребывания этих менеджеров на своих должностях. Ориентироваться в оценке их деятельности на изменение капитализации компании некорректно, поскольку даже развитый и свободный фондовый рынок как инструмент прогнозирования будущих доходов компаний далек от совершенства. Что касается исследования перспектив развития наукоемкой промышленности, здесь необходимо оценивать не только и не столько коммерческую эффективность проектов, сколько общественную, с учетом внешних эффектов.

Исходя из перечисленных принципов, представляется рациональной организация таких исследований в рамках Российской академии наук, при усилении ее независимости и престижа, повышении прозрачности и демократичности научных дискуссий. Фактически РАН должна стать независимым центром стратегического анализа и планирования развития наукоемких отраслей российской экономики. Этому способствует и концентрация в РАН представителей различных отраслей знания, что позволит обеспечить междисциплинарный анализ стратегических решений. Следует подчеркнуть, что именно в Центральном экономико-математическом институте РАН в содружестве с ведущими специалистами наукоемких и высокотехнологичных отраслей российской промышленности была написана монография [48], представляющая собой комплексное исследование состояния и перспектив развития этих отраслей, причем, с учетом межотраслевых взаимосвязей.

В то же время, участие ученых РАН в формировании планов развития наукоемкой промышленности может порождать и конфликт интересов: принятые решения трансформируются в стратегии НИР, которые будут выполняться в т.ч. и в кооперации с учреждениями РАН. Кроме того, в силу естественных причин ученые РАН могут быть несколько оторванными от отраслевой специфики, глубокое понимание которой, как неоднократно было обосновано выше, строго обязательно. Поэтому детальная проработка соответствующих организационных аспектов еще впереди, тем более, что и в наиболее развитых странах мира обозначенные проблемы еще не решены окончательно.

Обстоятельный анализ современных технологий национального и глобального стратегического прогнозирования и планирования, экспертной функции науки и возможной роли РАН предпринят в работе [82]. Возможно, в ней заинтересованный читатель найдет [хотя и не бесспорные] ответы на некоторые вопросы, оставшиеся открытыми в данном разделе.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 10

Анализ положения, сложившегося в сфере стратегического планирования инновационного развития российской наукоемкой промышленности, приводит к следующим выводам.

- Стратегические системные исследования перспектив развития наукоемких отраслей промышленности позволяют обоснованно выбрать целевые сегменты рынка и направления НИР, что

сокращает непродуктивные потери инвестиций в НИОКР, потери времени, риск неэффективного выбора направлений инновационного развития. Фактическое отсутствие таких исследований приводит к критическим потерям во многих отраслях российской наукоемкой промышленности. Расчеты, проведенные с помощью предлагаемых моделей, показывают, что ожидаемые потери только российской авиационной промышленности от отсутствия стратегических системных исследований составляют несколько миллиардов долларов в год, т.е. сравнимы по порядку величины с возможными доходами отрасли, работающей успешно.

- Системные стратегические исследования перспектив развития наукоемкой промышленности должны быть организованы на основе следующих принципов: системность подходов и компетентность исследователей, открытость методов и результатов для профессионального сообщества, независимость и самостоятельность исследователей. Представляется возможной организация таких исследований на базе РАН, однако это предложение нуждается в проработке конкретных механизмов.

Заключение

По возможности, не дублируя выводов, сделанных в отдельных главах, подведем краткий итог анализа, проведенного в данной книге.

- Инновационная экономика, вопреки общеизвестному лозунгу, не должна быть экономной – более того, она в принципе не может быть таковой. На рынках инновационной наукоемкой продукции важно достичь нового качества, и как можно быстрее. Стремление минимизировать затраты приводит лишь к тому, что эти затраты будут заведомо неэффективными.

- Риск – неизбежный спутник инновационного развития. Во многих отраслях отечественной и зарубежной наукоемкой промышленности ситуация такова, что консервативные решения приводят к гарантированному провалу, поэтому даже высокие уровни коммерческих и технических рисков приемлемы.

- Далеко не все инновации, даже безусловно благотворные, на первый взгляд, действительно полезны с общественной точки зрения. Необходимо тщательно анализировать кратко- и долгосрочные последствия любых инноваций для различных социальных групп.

- Хотя традиционно инновационное развитие принято связывать с конкуренцией, нередко она, как раз, блокирует инновационную активность или направляет ее в русло, неэффективное или даже опасное с социальной, экологической и др. точек зрения.

- Инновационному развитию вредит жесткая регламентация, но необходимо стратегическое планирование. Нельзя заранее спланировать конкретные способы достижения целей инновационного развития, но сами цели должны быть определены на основе всестороннего анализа эффективности (не только коммерческой, но и социально-экономической) и сопутствующих рисков.

- Решающая роль в обеспечении устойчивого, общественно эффективного и безопасного инновационного развития экономики принадлежит государству – при всех недостатках этого института.

Возможно, эти обобщения покажутся некоторым читателям банальными, однако в данной работе они получили формальное обоснование. При этом выяснилось, что многие стереотипы, которые также считались само собой разумеющимися, не так уж и бесспорны, или даже в корне неверны. Поэтому автор полагает, что проведенный в данной работе формальный экономико-математический анализ проблем инновационного менеджмента в наукоемкой промышленности был небесполезен.

Благодарности

Эта книга написана на основе цикла работ, выполненных автором как самостоятельно, так и в соавторстве со студентами, аспирантами и выпускниками Московского физико-технического института. Пользуясь случаем, автор выражает глубокую благодарность:

- своим ближайшим коллегам и соавторам ряда работ, обобщенных в этой книге – Елене Юрьевне Байбаковой, Елене Александровне Болбот, Наталье Викторовне Ивановой, Анастасии Леонидовне Русановой, Марии Вадимовне Тимченко (Нижник);

- рецензентам, профессору Роберту Михайловичу Нижегородцеву и профессору Сергею Григорьевичу Фалько – за внимательное прочтение рукописи и отдельных вошедших в нее работ, за конструктивную критику и ценные предложения;

- своему учителю, заведующему кафедрой Инновационной экономики МФТИ профессору Юрию Николаевичу Иванову – за предоставленную возможность читать на кафедре курс лекций и осуществлять научное руководство по тематике данной книги;

- своей супруге Татьяне Николаевне Данилиной – за помощь в оформлении и подготовке рукописи к изданию.

Литература

1. *Авдашева С.Б., Розанова Н.М.* Теория организации отраслевых рынков / М.: «Магистр», 1998 – 320с.
2. *Азгальдов Г.Г., Костин А.В.* Инновации в нетехнической сфере – возможность и необходимость // труды Пятой Всероссийской научно-практической конференции «Научное, экспертно-аналитическое и информационное обеспечение национального стратегического проектирования, инновационного и технологического развития России», М.: ИНИОН РАН, 2009, с. 192-199.
3. *Акбердина В.В.* Синергетические модели формирования и развития экономико-технологической реальности / Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2010 – 248 с.
4. *Аксенов И.Я.* Единая транспортная система / М.: Высшая школа, 1991 – 383 с.
5. *Александровская Л.Н., Афанасьев А.П., Лисов А.А.* Современные методы обеспечения безотказности сложных технических систем / М.: Логос, 2001 – 208 с.
6. *Альтфатер Э.* Продовольственный кризис // конференция «Два капитализма в России», Москва, 17.05.2008. http://www.scepsis.ru/library/id_2042.html
7. *Арнольд В.И.* “Жесткие” и “мягкие” математические модели / М.: МЦНМО, 2000 – 32с.
8. *Багриновский К.А., Бендиков М.А., Хрусталева Е.Ю.* Механизмы технологического развития экономики России: макро- и мезоэкономические аспекты / М.: Наука, 2003 – 376 с.
9. *Баев И.А., Алябушев Д.Б.* Метод реальных опционов: от ценных бумаг к инновациям // Вестник УГТУ-УПИ, серия «Экономика и управление», № 3, 2010, с. 52-62.
10. *Байбакова Е.Ю., Клочков В.В.* Моделирование и оптимизация аутсорсинга разработки сложных наукоемких изделий // в кн.: «Экономические проблемы организации производственных систем и бизнес-процессов». Материалы 8 Междунар. науч.-практ. конф., г.Новочеркасск, Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (НПИ), 2010, с. 61-64.
11. *Балацкий Е.В.* Мировая экономическая наука на современном этапе: кризис или прорыв? // Науковедение, № 2, 2001, с. 68-72.
12. *Баринев А.Э.* Системные и политические факторы удорожания крупных инвестиционных проектов в мировой экономике // Проблемы прогнозирования. 2007. № 6. С. 132-144.
13. *Бендиков М.А., Фролов И.Э.* Высокотехнологичный сектор промышленности России: состояние, тенденции, механизмы инновационного развития / М.: Наука, 2007 – 583 с.
14. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Риски и ограничения роста нематериального сектора экономики // Материалы всероссийской конференции — Девятых Друкеровских чтений «Информационная экономика: институциональные проблемы». М.: ИПУ РАН, 2009. С. 292-298.
15. *Братухин А.Г., Калачанов В.Д.* Наукоемкая авиационная продукция: организационные и экономические проблемы разработки / М.: Машиностроение, 1993 – 241 с.
16. *Буренок В.М., Лавринов Г.А., Хрусталева Е.Ю.* Механизмы управления производством продукции военного назначения / М.: Наука, 2006 – 304 с.
17. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Как управлять проектами / М.: СИНТЕГ, 1997 – 190 с.
18. *Бухвалов А.В.* Реальные опционы в менеджменте: введение в проблему // Российский журнал менеджмента. 2004. № 1. С. 3-32.
19. *Васильев В.А., Каландаришвили Ш.Н., Новиков В.А., Одинокоев С.А.* Управление качеством и сертификация / М.: Интернет инжиниринг, 2002 – 416 с.
20. ВВС РФ предпочли учебно-боевые самолеты Як-130, отказавшись от закупок МиГ-АТ // по сообщению ИТАР-ТАСС, 21.05.2007.
21. *Виленский П.Л., Лившиц В.Н., Смоляк С.А.* Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело, 2004 – 888 с.
22. *Володин В.В.* На очереди – истребители уже 6-го поколения // Независимое военное обозрение, 23.05.2008.
23. *Володин В.В.* Как создать новый бомбардировщик в условиях финансового дефицита // Независимое военное обозрение, 31.07.2009.
24. *Воронина Л.А., Ратнер С.В.* Научно-инновационные сети в России: опыт, проблемы, перспективы / М.: Инфра-М, 2010 – 254 с.
25. *Вязгин В.А., Федоров В.В.* Математические методы автоматизированного проектирования / М.: Высшая школа, 1989 – 184 с.
26. *Гареев Т.Ф.* Эволюция моделей инновационного процесса // Вестник ТИСБИ, № 2, 2006, с. 24-32.

27. *Глазьев С.Ю.* Теория долгосрочного технико-экономического развития / М.: ВладДар, 1993 – 310 с.
28. *Гнатюк В.И.* Закон оптимального построения техноценозов / М.: Издательство ТГУ – Центр системных исследований, 2005 – 383 с.
29. *Голиченко О.Г.* Национальная инновационная система России: состояние и пути развития / М.: Наука, 2006 – 396 с.
30. *Голиченко О.Г.* Технологическая революция и фрагментация цепей создания добавленной стоимости // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями – 2009», М.: ИПУ РАН, 2009, с. 36-41.
31. *Гольдштейн Г.Я.* Стратегический инновационный менеджмент / Таганрог: издательство ТРТУ, 2004 – 267 с.
32. *Гончарова И.В., Нижегородцев Р.М., Новиков Д.А.* Управление проектами / М.: Либроком, 2009 – 384 с.
33. *Горн А.П.* Формирование и развитие рынка интеллектуально-креативных (творческих) услуг в России / М.: изд-во МЕЛАП, 2006 – 400 с.
34. *Гребенников П.И., Леусский А.И., Тарасевич Л.С.* Микроэкономика / СПб.: изд. СПбГУЭФ, 1998 – 447 с.
35. *Гусманов Т.М., Клочков В.В.* Экономические проблемы развития авиационной промышленности в условиях нестабильного спроса на авиаперевозки // Экономическая наука современной России, № 3, 2008, с. 98-109.
36. *Деминг Э.* Новая экономика / М.: Эксмо, 2006 – 208 с.
37. *Демкин И.В.* Особенности построения системы управления инновационным риском // Вестник Уральского государственного технического университета. Серия «Экономика и управление». 2008. №5. С. 90-104.
38. *Дмитриев О.А., Кузнецов Э.Г., Миронов С.М.* Некоторые аспекты управления технологическими рисками в инновационных проектах // ИнВестРегион, № 1, 2006, с. 53-55.
39. *Жеребин В.М.* Российское общество в системе понятий постиндустриализма // Экономическая наука современной России, № 4, 2008, с. 41-54.
40. *Журавлева Н.* Без права на ошибку // Взгляд, 06.10.2010.
41. *Займан Дж.* Информация, связи, знание // Успехи физических наук, т. 101, вып. 1, май 1970, с. 53-69.
42. *Иванов Ю.Н.* Теоретическая экономика. Очерк экономических доктрин. Теория потребления / М.: Наука, Физматлит, 1997 – 128с.
43. *Иванова Н.В., Клочков В.В.* Экономические проблемы управления высокорисковыми инновационными проектами в наукоемкой промышленности // Проблемы управления, № 2, 2010, с. 25-33.
44. *Иванова Н.И.* Национальные инновационные системы / М.: Наука, 2002 – 224 с.
45. *Измалков С.Б., Ильинский Д.Г., Саватеев А.В.* Игры на выбывание // материалы семинара «Математическая экономика», 06.04.2010, Москва, ЦЭМИ РАН.
46. *Ильдеменов С.В., Ильдеменов А.С., Лобов С.В.* Операционный менеджмент / М.: ИНФРА-М, 2009 – 337 с.
47. *Ильин В.Е., Левин М.А.* Истребители / М.: Виктория АСТ, 1996 – 288 с.
48. *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.
49. *Иноземцев В.Л.* За пределами экономического общества. М.: Наука, 1998 – 614 с.
50. *Институциональная экономика: новая институциональная экономическая теория* / под ред. проф. А.А. Аузана. М.: ИНФРА-М, 2005 – 416 с.
51. *Ириков В.А.* Методы программно-целевого управления, включая бюджетирование, ориентированное на результат. Учебное пособие / М.: РосНОУ, 2007 – 84 с.
52. *Калачанов В. Д., Братухин А.Г.* Организация производственно- хозяйственной деятельности НИИ и ОКБ при разработке наукоемкой продукции. Учебное пособие / М.: МАИ, 1993 – 142 с.
53. *Калачанов В.Д., Турищева М.А.* Организация производства наукоёмкой продукции. Москва, Издательство «Росавиакосмос», 2004.
54. *Калянов Г.Н.* Теория и практика реорганизации бизнес-процессов / М.: СИНТЕГ, 2000 – 212 с.
55. *Каныгин П.С.* Экономика освоения альтернативных источников энергии (на примере ЕС) / М.: Русь-Олимп, 2009 – 254 с.
56. *Катица С.П.* Очерк теории роста человечества: Демографическая революция и информационное общество / М.: УРСС, 2008 – 128с.
57. *Каплан Р., Нортон Д.* Организация, ориентированная на стратегию / М.: Олимпия-Пресс, 2009 – 416 с.
58. *Качалов Р.М.* Управление хозяйственным риском / М.: Наука, 2002 – 192с.

59. *Клейнер Г.Б.* Стратегия предприятия / М.: Дело, 2008 – 568 с.
60. *Клейнер Г.Б.* Макроэкономические факторы и ограничения экономического роста // Проблемы теории и практики управления, № 5, 2004, с. 28-34.
61. *Климин А.В., Клочков В.В.* Анализ эффективности заправки гражданских самолетов в воздухе // Полет, 2008, специальный выпуск к 90-летию ЦАГИ им. проф. Н.Е. Жуковского, с. 64-69.
62. *Клочков В.В.* Организация конкурентоспособного производства и послепродажного обслуживания авиадвигателей / М.: Экономика и финансы, 2006 – 464 с.
63. *Клочков В.В.* CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008 – 124 с.
64. *Клочков В.В.* Управление инновационным развитием гражданского авиастроения / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009 – 280 с.
65. *Клочков В.В.* Критерии конкурентоспособности продукции авиационного двигателестроения // Полет, № 12, 2005, с. 54-60.
66. *Клочков В.В.* Оценка экономической эффективности интеграции авиационного двигателестроения // Полет, № 7, 2006, с. 28-33.
67. *Клочков В.В.* Модели рынков услуг и работ по модернизации авиатехники // Технология машиностроения. 2008. № 7. С. 67-71.
68. *Клочков В.В., Болбот Е.А.* Социально-экономические аспекты инновационного развития экономики / Вестник Уральского государственного технического университета. Серия «Экономика и управление». 2009. № 5. С. 86-97.
69. *Клочков В.В., Гусманов Т.М.* Проблемы прогнозирования спроса на перспективные пассажирские самолеты российского производства // Проблемы прогнозирования, № 2, 2007, с. 16-31.
70. *Клочков В.В., Гусманов Т.М.* Экологические стандарты как инструмент стимулирования спроса на продукцию авиационной промышленности // Маркетинг в России и за рубежом, № 3, 2007, с. 39-45.
71. *Клочков В.В., Иванова Н.В.* Особенности реализации высокорисковых инновационных проектов в наукоемкой промышленности // в кн.: Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 5. Часть II. М.: ИНИОН РАН, 2010, с. 296-303.
72. *Клочков В.В., Кондратов Ю.Е.* Новые стратегии развития авиакомпаний в условиях роста цен на авиатопливо // Материалы VIII Всероссийского симпозиума “Стратегическое планирование и развитие предприятий”. М.: ЦЭМИ, 2007, т. 3, С. 83–84.
73. *Клочков В.В., Нижник М.В., Русанова А.Л.* Прогнозирование экономической эффективности создания новых видов скоростного пассажирского транспорта // Проблемы прогнозирования, № 3, 2009, с. 58-76.
74. *Клочков В.В., Нижник М.В.* Анализ емкости российского рынка гражданской авиатехники и рисков ее изменения // Маркетинг в России и за рубежом, № 4, 2009, с. 98-112.
75. *Клочков В.В., Русанова А.Л.* Проблемы стратегического позиционирования российской наукоемкой промышленности (на примере гражданского авиастроения) // Экономическая наука современной России, № 4, 2009, с. 64-78.
76. *Клочков В.В., Русанова А.Л., Максимовский В.И.* Экономико-математическое моделирование процессов освоения серийного производства новых гражданских самолетов // Вестник Московского авиационного института. 2010. Т. 17. № 3. С. 236-246.
77. *Клочков В.В., Шкадова А.А., Ждановский А.В.* Экономические аспекты морального устаревания техники // Технология машиностроения. 2008. № 11. С. 65-70.
78. *Колбачев Е.Б.* Информационные модели производственных систем миниэкономического уровня и их стоимостные характеристики // Материалы международной научно-практической конференции «Управление инновациями – 2009», М.: ИПУ РАН, 2009.
79. *Колемаев В.А.* Математическая экономика / М.: ЮНИТИ, 1998 – 240с.
80. *Костромина Е.В.* Экономика авиакомпаний в условиях рынка / М.: НОУ ВКШ “Авиабизнес”, 2002. – 304с.
81. *Кудрин Б.И.* Исследования технических систем как сообществ изделий – техноценозов // Системные исследования. Ежегодник – 1980. М.: 1981. С. 236–254.
82. *Малинецкий Г.Г.* Экспертиза – главная функция современной российской науки // Российский химический журнал, 2007, т. LI, № 3, с. 24-40.
83. *Маршалл Дж.Ф., Бансал В.К.* Финансовая инженерия / М.: ИНФРА-М, 1998 – 784с.
84. *Медовников Д., Механик А.* Неумолимый рок инноваций (интервью с член-корр. РАН, зам. директора ИМЭМО РАН Н.И. Ивановой) // Эксперт, 14.07.2008.

85. *Моисеева Н.К., Коньшева М.В.* Управление маркетингом: теория, практика, информационные технологии / М.: Финансы и статистика, 2002 – 304 с.
86. «Мрия» ставит новый рекорд // по сообщению ГП «Антонов», 11.06.2010.
87. *Некрасова Е., Шехватов Д. и др.* Оптимальный бюджет. Часть 2 // журнал «CIO» (Chief Information Officer), 21.05.2009.
88. *Нижегородцев Р.М.* Институциональные ловушки и проблема diverse selection на современном рынке технологий // Механізм регулювання економіки, № 1, 2010, с. 87-95.
89. *Новиков Д.А.* Теория управления организационными системами / М.: МПСИ, 2005 – 584 с.
90. *Ноув А.* Какой должна быть экономическая теория переходного периода? // Вопросы экономики, № 11, 1993, с. 16-23.
91. ОАЭ выбрали М-346 "Мастер" победителем тендера на поставку УТС/УБС для ВВС страны // по сообщению АРМС-ТАСС, 26.02.2009.
92. *Орлов А.И.* Менеджмент: учебник / М.: Изд-во «Изумруд», 2003 – 298 с.
93. *Патюрель Р.* Создание сетевых организационных структур // Проблемы теории и практики управления, № 3, 1997.
94. *Полтерович В.М.* Кризис экономической теории // Экономическая наука современной России, № 1, 1998, с. 46-66.
95. *Роговский Е.А.* США: информационное общество (экономика и политика) / М.: Международные отношения, 2008 – 408с.
96. *Родоман Б.Б.* Гуманизм, экология и рыночные отношения // Электронный научно-просветительский журнал «Скепсис». http://scepsis.ru/library/id_2083.html
97. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. Заслуженного деятеля науки РФ проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.
98. *Русанова А.Л., Клочков В.В.* Стратегическое позиционирование российской наукоемкой промышленности: конкуренция и кооперация // в кн.: Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 5. Часть II. М.: ИНИОН РАН, 2010, с. 355-363.
99. *Саймон Д.* Неисчерпаемый ресурс / Челябинск: Социум, 2005 – 797 с.
100. *Самойлов В.И.* Разработка системы оценки конкурентоспособности пассажирских самолетов на стадии создания // автореф. дисс. канд. экон. наук, 08.00.05., М.: МАИ, 2006 – 24 с.
101. *Синдяшкина Е.Н.* Вопросы оценки видов социального эффекта при реализации инвестиционных проектов // Проблемы прогнозирования, № 1, 2010, с. 140-147.
102. Стратегия развития российской авиационной промышленности до 2015 года // сайт www.minprom.gov.ru.
103. *Сухотин А.К.* Парадоксы науки / М.: Молодая гвардия, 1980 – 240 с.
104. *Тарасевич Л.С., Гальперин В.М., Гребенников П.И., Леуский А.И.* Макроэкономика / СПб.: изд. СПбГУЭФ, 1999 – 656 с.
105. *Тимченко М.В., Клочков В.В.* Инновационные методы обеспечения доступности высокотехнологичных благ // в кн.: Россия: тенденции и перспективы развития. Ежегодник. Вып. 5. Часть II. М.: ИНИОН РАН, 2010, с. 255-262.
106. *Тишкин С.В.* Стратегическое управление инновационным проектом прорывного характера. Дисс. ... канд. экон. наук: 08.00.05 // М.: 2002 – 148 с.
107. *Тренев Н.Н.* Стратегическое управление: учебное пособие для вузов / М.: Приор, 2000 – 288 с.
108. *Тренев Н.Н.* Предприятие и его структура: анализ, диагностика, оздоровление / М.: Приор, 2002. – 240 с.
109. *Удалов К.Г., Комиссаров Д.С.* Самолет Боинг – 747 / М.: АВИКО ПРЕСС, 1994 – 96 с.
110. Университетская информационная система Россия, 2003 // <http://www.budgetrf.ru/publications>
111. *Фалько С.Г.* История науки об организации производства / М.: изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1989 – 120 с.
112. *Фалько С.Г.* Организация и управление инновационной деятельностью / М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998 – 126 с.
113. *Фалько С.Г., Федоров Б.С.* Проектный подход к управлению инновационными процессами // Российское предпринимательство, №№ 4, 7, 9, 10, 2003.
114. *Фролов И.Э.* Наукоемкий сектор промышленности РФ: экономико-технологический механизм ускоренного развития / М.: МАКС-Пресс, 2004 – 320 с.
115. *Хакимов Б.В.* Ценообразование продукции геологического изучения недр в рыночных условиях / М.: ООО «Геоинформмарк», 2009, 148 с.

116. *Шаститко А.Е.* Транзакционные издержки (содержание, оценка и взаимосвязь с проблемами трансформации) // Вопросы экономики, № 7, 1997, с. 65-76.
117. *Щепкин А.В.* Внутрифирменное управление (модели и методы) / М.: ИПУ РАН, 2001 – 80 с.
118. Экономико-математический энциклопедический словарь / М.: Большая Российская Энциклопедия, 2003 – 688 с.
119. Энциклопедия «Авиация» / М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994 – 736 с.
120. *Юрченко Е.В., Исаев К.Ш.* Нормативно-правовая база исключительных прав при глобализации экономики // Вестник Московской академии рынка труда и информационных технологий. 2006. № 5 (27).
121. *Alchian, A.* Reliability of Progress Curves in Airframe Production // *Econometrica*, vol. 31, No. 4, 1963, pp. 679-694.
122. *Allen, R.* Collective Invention // *Journal of Economic Behavior and Organization*, No. 4, 1983, pp. 1-24.
123. *Antoci, A. and Bartolini, S.* Negative externalities as the engine of growth in an evolutionary context // MPRA Paper 13908, University Library of Munich, Germany, 1999.
124. *Antoci, A., Russu, P. and Ticci, E.* Structural change, economic growth and environmental dynamics with heterogeneous agents // MPRA Paper 13668, University Library of Munich, Germany, 2008.
125. *Arthur Brian W.* Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events // *Economic Journal*, 1989, № 99, pp. 116-131.
126. *Benkard, C.L.* A Dynamic Analysis of the Market for Wide-bodied Commercial Aircraft // *Review of Economic Studies*, vol. 71, No. 3, Jun., 2004, pp. 581-611.
127. *Copeland N., Antikarov V.* Real Options – a Practitioner’s Guide / NY: TEXERE, 2001.
128. *Drucker, P.* Innovation and Entrepreneurship / N.Y.: 1985.
129. *Gritsevskiy, A. and Nakicenovich, N.* Modeling Uncertainty of Induced Technological Change // IIASA, Laxenburg, Austria, 2000 – 29 p.
130. *Groom, M.J., Gray, E.M. and Townsend, P.A.* Biofuels and biodiversity: Principles for creating better policies for biofuel production // *Conservation Biology*, 2008 Volume 22, Issue 3, pp. 602–609, June 2008.
131. *Herring, H.* 2008. «Rebound effect» // in: *Encyclopedia of Earth*. Eds. Cutler J. Cleveland (Washington, D.C.: Environmental Information Coalition, National Council for Science and the Environment). Web-публикация: <http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect>
132. *Hinlopen, J.* Subsidizing R&D Cooperatives. *De Economist* 149 (3), 2009, pp. 313–345.
133. *Lundvall, B.-A.* Product Innovation and User-Producer Interaction // Aalborg University Press, Industrial Development Research Series, vol. 31, 1985.
134. *Lundvall, B.-A. (Ed.)*. National Systems of Innovation: towards a theory of innovation and interactive learning / London: Pinter, 1992 – 342 p.
135. National Plan for Aeronautics Research and Development and Related Infrastructure // сайт www.nasa.gov, December 2007 – 56 p.
136. *Nelson, R. and Winter, S.* An Evolutionary Theory of Economic Change / Cambridge: Harvard University Press, 1982.
137. *Nonaka, I. and Takeuchi, H.* The knowledge-creating company: how Japanese companies create the dynamics of innovation / Oxford University Press, 1995 – 284 p.
138. Remarks by The President at the National Academy of Sciences Annual Meeting. National Academy of Sciences, Washington, D.C. 27 April 2009 // Web-публикация: <http://www.whitehouse.gov/the_press_office/Remarks-by-the-President-at-the-National-Academy-of-Sciences-Annual-Meeting/>
139. Rolls-Royce обвинил UTC в нарушении патента на стреловидные лопатки вентилятора // новости сайта Aviation Explorer, www.aex.ru, 30.08.2010.
140. *Roy, U.* Economic growth with negative externalities in innovation // Louisiana State University Press, *Journal of Macroeconomics*, 1997, vol. 19, no. 1, pp. 155-173.
141. *Williamson, O.E.* Technology and transaction cost economics // *Journal of economic behavior and organization*, vol. 10, 1988, pp. 355-363.
142. www.clubofrome.org
143. www.icao.org
144. www.minprom.gov.ru
145. www.nasa.gov
146. www.sukhoi.superjet100.com
147. www.uacrussia.ru
148. 2002; 2007 Economic Census. Manufacturing. Industry series / U.S. Census Bureau, 2004; 2009.