

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН

На правах рукописи

**Байбакова Елена Юрьевна**

**РЕФОРМИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ  
НАУКОЕМКОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (НА ПРИМЕРЕ  
ГРАЖДАНСКОГО АВИАСТРОЕНИЯ)**

Специальность 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством»,  
специализация: «Экономика, организация и управление предприятиями, отрас-  
лями, комплексами (промышленность)»

**Диссертация**

на соискание ученой степени  
кандидата экономических наук

Научный руководитель:  
доктор экономических наук  
Клочков Владислав Валерьевич

Москва – 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>4</b>
<b>ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ГРАЖДАНСКОГО АВИАСТРОЕНИЯ ...</b>	<b>13</b>
1.1. Модели влияния организационной структуры отрасли на себестоимость наукоемкой продукции... 19	
1.1.1. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции в отрасли с предприятиями полного цикла производства .....	20
1.1.2. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с жестким закреплением кооперационных связей.....	24
1.1.3. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с гибкой сменой контрагентов (формирование виртуальных производственных объединений).....	27
1.2. ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР ОТРАСЛИ ПО КРИТЕРИЮ СЕБЕСТОИМОСТИ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ.....	30
1.2.1. Анализ эффективности перехода от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой структуре отрасли.....	30
1.2.2. Анализ влияния изменчивости цен и внедрения информационных технологий на эффективность формирования виртуальных производственных объединений в сетевой структуре отрасли .....	34
1.3. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ГРАЖДАНСКОГО АВИАСТРОЕНИЯ НА КОНЪЮНКТУРУ ЛОКАЛЬНЫХ РЫНКОВ ТРУДА .....	43
1.3.1. Модель влияния перехода к сетевой структуре наукоемкой промышленности на конъюнктуру локальных рынков труда.....	45
1.3.2. Параметрический анализ изменения ставок заработной платы в результате перехода к сетевой структуре отрасли.....	49
1.3.3. Разработка рекомендаций по оптимизации пространственной структуры наукоемкой промышленности с учетом кадровых и социально-экономических аспектов.....	52
Выводы по главе 1 .....	56
<b>ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ.....</b>	<b>59</b>
2.1. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СМЕНЫ КОНТРАГЕНТОВ С УЧЕТОМ ЭФФЕКТА ОБУЧЕНИЯ .....	59
2.1.1. Модель и метод принятия заказчиком решения о смене поставщика комплектующих изделий в сетевых организационных структурах.....	60
2.1.2. Модель и метод принятия поставщиком решения о смене заказчика в сетевых организационных структурах .....	70
2.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЙ ВЗАИМОВЫГОДНОГО СОВМЕСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАКАЗОВ НА КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ НА ОДНОМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОМ ПРЕДПРИЯТИИ КОНКУРИРУЮЩИМИ СИСТЕМНЫМИ ИНТЕГРАТОРАМИ .....	80
2.2.1. Модель взаимодействия системных интеграторов на рынках комплектующих изделий.....	81
2.2.2. Разработка рекомендаций по размещению заказов на комплектующие изделия с учетом конкуренции системных интеграторов.....	84
Выводы по главе 2 .....	89
<b>ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НАУКОЕМКОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>91</b>
3.1. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ФРАГМЕНТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЦЕПОЧЕК НА ПРОЦЕССЫ РАЗРАБОТКИ СЛОЖНОЙ ПРОДУКЦИИ .....	91
3.1.1. «Когнитивный барьер» в наукоемкой промышленности .....	91
3.1.2. Экономико-математическая модель «когнитивного барьера» в сетевых организационных структурах .....	94
3.2. МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ ЦИКЛА ЖИЗНЕННОГО ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ .....	98
3.2.1. Анализ изменения «высоты» «когнитивного барьера» по мере освоения инновационных технологий .....	98
3.2.2. Разработка рекомендаций по выбору оптимальной организационной структуры в наукоемкой промышленности на различных стадиях жизненного цикла инновационной технологии.....	101

3.3. Анализ влияния внедрения информационных технологий на развитие организационных структур наукоемкой промышленности .....	107
Выводы по главе 3.....	113
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>115</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>117</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

**Актуальность темы исследования.** До недавнего времени в российском гражданском авиастроении преобладали предприятия полного цикла производства. На одном предприятии производилась большая часть основных компонентов финальных изделий (планеров летательных аппаратов или авиадвигателей) и выполнялись все работы по их сборке. Подобная организация производства приводит к дублированию на каждом предприятии постоянных затрат на НИОКР, на освоение серийного производства изделий и их компонент. Как следствие, себестоимость финальных изделий повышается, а бюджетные средства, выделяемые на поддержку отрасли, расплываются между несколькими проектами, реализуемыми в одних и тех же её сегментах. Особенно остро ощущается неэффективность подобной организационной структуры в процессе масштабного технологического перевооружения, проводимого в настоящее время в российской наукоемкой и высокотехнологичной промышленности, в том числе в гражданском авиастроении.

Главной тенденцией развития мирового гражданского авиастроения стал переход к сетевой структуре отрасли с формированием виртуальных производственных объединений - альянсов, состоящих из системных интеграторов, поставщиков 1-го уровня и поставщиков 2 - 4-го уровней. Системные интеграторы осуществляют общее управление проектом, контроль над сборкой самолета, являются держателями сертификата типа воздушного судна. Интеграторы первого уровня занимаются разработкой и производством основных бортовых комплексов и систем воздушных судов, производят крупные модули планера. Поставщики 2-4-го уровня разрабатывают и поставляют узлы и компоненты.

Концепция перехода к сетевым организационным структурам заложена в Государственной программе Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» (ГП РАП), поскольку именно несоответствие текущей структуры отрасли международному уровню считается основным препятствием на пути повышения конкурентоспособности российского гражданского авиастроения на мировом рынке. При переходе к сетевой струк-

туре отрасли с выделением независимых поставщиков комплектующих изделий, для системного интегратора повышаются транзакционные затраты и возникает целый ряд контрактных рисков. Реформирование организационной структуры наукоемкой промышленности приводит к изменению конъюнктуры локальных рынков труда и ставок заработной платы высококвалифицированных работников.

Задача фундаментального экономически обоснованного выбора направлений реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности в рамках государственных программных мероприятий в настоящее время не нашла достаточного научного обоснования и является актуальной.

**Степень разработанности проблемы.** Проблемы реформирования организационной структуры различных отраслей российской промышленности исследованы рядом авторов, например С.Б. Авдашевой, В.А. Агафоновым, В.Е. Дементьевым, Б.А. Ерзнкяном, А.Ю. Кнобелем, А. Манюшисем, Б. Мильнером, Д.Б. Пайсоном, Р. Патюрель, О.С.Сухаревым, Н.Н. Трениным, О.А. Третьяк, Е.В.Устюжаниной, М.Ю. Шерешевой и др. Специфика реформирования организационной структуры гражданского авиастроения в этих работах явным образом не выражена.

В настоящее время экономике наукоемких и высокотехнологичных отраслей промышленности посвящено большое количество работ таких ученых, как М.А. Бендинов, А.Е. Варшавский, Л.Е. Варшавский, В.Д. Калачанов, И.Н. Омельченко, С.Г. Фалько, И.Э. Фролов, Е.Ю.Хрусталева и др. Вопросы экономической эффективности специализации и кооперации предприятий, в том числе гражданского авиастроения, были достаточно глубоко исследованы еще советской школой экономики и организации производства: О.И. Волковым, О.В. Девяткиным, С.А. Саркисяном. Однако, изученные ими формы специализации и кооперации не тождественны современным сетевым организационным структурам в рыночной экономике.

Переход к сетевым организационным структурам сопровождается выделением независимых поставщиков, что приводит к повышению транзакционных затрат и риску их оппортунистического поведения. Ученые институциональной школы, прежде всего О. Уильямсон, основоположник транзакционного подхода к объяснению феномена фирмы и ее границ, а также его последователи D. Acemoglu, Ph. Aghion, F. Zilibotti рассматривают вертикальную интеграцию предприятий как средство снижения транзакционных издержек. Проблема выбора оптимальной (например, по критерию себестоимости производства наукоемкой продукции) организационной структуры отрасли с учетом технологических и институциональных факторов в работах этих ученых непосредственно не ставилась.

В сетевых организационных структурах взаимодействие предприятий не сводится лишь к прямой конкуренции или кооперации, становятся возможны более сложные варианты взаимодействия. Системные интеграторы, конкурирующие на рынке финальной продукции, могут закупать компоненты у одних и тех же поставщиков. Это порождает риск неблагоприятного воздействия одного системного интегратора на других посредством контроля над поставщиком комплектующих. Гибридные формы взаимодействия предприятий отражены в работах Г.Б. Клейнера, а модели контроля над предприятиями конкурентов, выпускающих аналогичную продукцию, предложены в работах Г.В. Колесника. Моделей, описывающих вышеуказанный вид взаимодействия предприятий, характерный для сетевых организационных структур, в этих работах не предлагалось.

Помимо производства, в наукоемкой промышленности необходимо уделять особое внимание процессам исследований и разработки новой продукции. Как утверждает О.Г. Голиченко, «открытая архитектура» продуктов и модульная конструкция открывают возможности для более глубокой фрагментации технологических цепочек и аутсорсинга разработки компонент сложных изделий. Такая тенденция не является необратимой и, возможно, характерна лишь для определенных стадий жизненного цикла технологий, используемых в от-

расли. На связь организационных структур и стадии жизненного цикла инновационной технологии указывал ряд авторов, например В.Е. Дементьев, А.Ю. Кнобель и др. В работах данных ученых не рассматривались непосредственно проблемы разработки сложных изделий в сетевых организационных структурах.

Недостаточная изученность актуальных проблем реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности, в т.ч. гражданского авиастроения, обусловила выбор цели и постановку задач диссертационного исследования.

**Цель и задачи исследования.** Целью исследования является определение эффективных направлений реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности (на примере гражданского авиастроения) для достижения конкурентоспособности на мировом рынке с учетом минимизации негативных экономических и социальных последствий преобразований.

В соответствии с целями диссертационного исследования были поставлены и решены **следующие задачи**:

1. Определить условия выбора оптимальной организационной структуры отрасли (на примере гражданского авиастроения) по критерию минимальной себестоимости производства наукоемкой продукции.

2. Исследовать экономическую заинтересованность предприятий в смене контрагентов в условиях реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли промышленности в зависимости от длительности периода сотрудничества.

3. Определить условия взаимовыгодного совместного размещения заказов на комплектующие изделия конкурирующими системными интеграторами на одном специализированном предприятии в сетевых организационных структурах.

4. Исследовать влияние стадии жизненного цикла технологии на выбор организационной структуры наукоемкой отрасли промышленности.

5. Выявить и оценить влияние перехода к сетевой структуре отрасли на конъюнктуру локальных рынков труда с учетом межрегиональной мобильности работников.

**Объект исследования** – наукоемкие и высокотехнологичные отрасли российской промышленности (на примере гражданского авиастроения).

**Предмет исследования** – направления реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности (на примере гражданского авиастроения), а также способы сокращения негативных социальных и экономических последствий, возникающих при изменении организационной структуры отрасли.

**Область исследования.** Тематика диссертационного исследования соответствует требованиям паспорта специальности 08.00.05 – «Экономика и управление народным хозяйством», а именно п. 1.1.28 «Проблемы реструктуризации отраслей и предприятий промышленности».

**Теоретические основы и методология исследования** базируются на положениях неинституциональной теории, теории стратегического управления развитием предприятия и его рыночным поведением, на экономико-математических методах (в частности, теории игр с непротивоположными интересами), на основах теории экономики наукоемкой и высокотехнологичной промышленности.

**Информационной базой исследования** послужили материалы официальной статистической отчетности и научно-техническая информация российских и зарубежных предприятий наукоемкой промышленности (в т.ч. гражданского авиастроения), показатели социально-экономического развития ряда регионов России, нормативные документы органов государственной власти России, данные аудиторских отчетов, аналитическая информация консалтинговых компаний.

**Научная новизна результатов исследования** состоит в развитии методов рационального выбора организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности с учетом технологических и институциональных



факторов, стадии инновационного развития технологии, а также социальных аспектов.

**Наиболее значимые результаты**, полученные в ходе исследования и составляющие элементы его научной новизны, следующие:

1. Определены условия перехода к сетевой организационной структуре отрасли в гражданском авиастроении по критерию минимальной себестоимости производства наукоемкой продукции, которые, в отличие от известных, одновременно учитывают эффект обучения в производстве и затраты на поиск и смену контрагентов.

2. Доказано, что с ростом длительности периода сотрудничества повышается устойчивость межфирменных связей в сетевой организационной структуре гражданского авиастроения благодаря эффекту обучения в производстве.

3. На основе предложенного метода определены условия взаимовыгодного совместного размещения заказов на комплектующие изделия конкурирующими системными интеграторами на одном специализированном предприятии, при этом учитывается ранее не рассматриваемая возможность воздействия одного системного интегратора на других посредством контроля над поставщиком комплектующих.

4. Раскрыто влияние организационной структуры отрасли на качество разработки наукоемких изделий. Обосновано, что применение аутсорсинга на начальных стадиях жизненного цикла инновационной технологии нецелесообразно.

5. Разработана модель оценки влияния перехода к сетевой структуре отрасли на ставку заработной платы работников, которая, в отличие от известных моделей, одновременно учитывает фактор рыночной власти работодателей и ограниченную межрегиональную мобильность высококвалифицированных работников.

6. Показано, что переход к сетевым организационным структурам в гражданском авиастроении позволяет сократить себестоимость производства науко-

емкой продукции на 15-20% при амплитуде скачков отпускных цен поставщиков порядка 30%.

**Теоретическая значимость результатов исследования** состоит в развитии методов анализа и оценки эффективности реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности (на примере гражданского авиастроения) с учетом технологических, институциональных и социальных факторов, в развитии моделей взаимодействия предприятий в сетевых организационных структурах. В частности:

1. Введено и формализовано с помощью экономико-математической модели понятие «когнитивного барьера», который возникает между разработчиками отдельных компонент и системными интеграторами и может снижать качество проектирования сложных изделий.

2. С помощью разработанных подходов и методов выявлены и обоснованы новые качественные эффекты. В том числе:

- определены условия, при которых вытеснение конкурентов из совместной закупки комплектующих изделий у одного поставщика невыгодно системным интеграторам, вопреки стереотипу об однозначной целесообразности монополизации рынка;

- установлено, что наблюдаемые в различных отраслях сценарии изменения организации разработки наукоемкой продукции на разных стадиях инновационного развития технологий можно объяснить динамикой изменения уровня «когнитивного барьера» между разработчиками отдельных компонент и системными интеграторами;

- показано, что переход к сетевой структуре отрасли может привести к сокращению равновесных ставок зарплаты работников, несмотря на многократное повышение производительности труда и техническое перевооружение специализированных производств.

**Практическая ценность результатов исследования** определяется возможностью применения разработанных методов и вытекающих из них выводов и рекомендаций в процессе стратегического планирования развития российской

научно-технической промышленности, а также при обосновании программных мероприятий, направленных на совершенствование организационной структуры отрасли. В частности:

- методы расчета себестоимости производства продукции, в зависимости от организационной структуры, могут использоваться при подготовке стратегии реформирования организационной структуры российских предприятий научно-технической промышленности, а также при оценке эффективности внедрения информационных технологий, прежде всего CALS-технологий;

- метод оценки эффективности совместного размещения заказов на комплектующие изделия на одном специализированном предприятии конкурирующими системными интеграторами может применяться для обоснования стратегии кооперации предприятий российской и зарубежной научно-технической промышленности;

- метод выбора оптимальной организационной структуры на разных стадиях жизненного цикла новой технологии может использоваться при экономическом обосновании программ инновационных разработок;

- метод прогнозирования социальных последствий перехода к сетевой структуре отрасли может применяться при планировании государственной финансовой поддержки развития регионов России, при обосновании территориального размещения научно-технических предприятий и выборе их продуктовой стратегии.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертационной работы докладывались на 52-й и 53-й Научных конференциях МФТИ «Современные проблемы фундаментальных и прикладных наук» (Москва, МФТИ, 2009 и 2010 гг.), 55-й Научной конференции МФТИ «Проблемы фундаментальных и прикладных естественных и технических наук в современном информационном обществе» (Москва, МФТИ, 2012 г.), 56-й Всероссийской научной конференции МФТИ «Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе» (Москва, МФТИ, 2013г.), на Одиннадцатом, Двенадцатом и Тринадцатом Всероссийских симпо-

зиумах «Стратегическое планирование и развитие предприятий» (Москва, ЦЭМИ РАН, 2010, 2011 и 2012 гг.), на Седьмой и Восьмой международных научно-практических конференциях «Регионы России: стратегии и механизмы модернизации, инновационного и технологического развития» (Москва, ИНИОН РАН, 2011г. и 2012г.), на Четвертой, Пятой, Шестой международных конференциях «Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2010, 2011, 2012)» (Москва, ИПУ РАН, 2010, 2011, 2012 гг.), на Международной научно-практической конференции «Управление инновациями-2013» (Москва, ИПУ РАН, 2013 г.), на Семнадцатых Друкеровских чтениях (Москва, ИПУ РАН, 2014 г.), на общемосковском семинаре «Информационная экономика и управление инновациями» в ИПУ РАН.

**Полнота изложения материалов диссертации в публикациях соискателя.** По теме диссертации соискателем опубликовано 28 работ, включая 9 работ в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и 1 монографию. Объем, принадлежащих лично соискателю опубликованных результатов по теме диссертации, составляет 11 п.л.

**Объем и структура работы.** Работа состоит из введения, трех глав с выводами по каждой главе, заключения, списка литературы. Объем работы составляет 127 с. Текст содержит 26 рисунков, 2 таблицы. Список литературы содержит 105 наименований.

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПРАВЛЕНИЙ РЕФОРМИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ГРАЖДАНСКОГО АВИАСТРОЕНИЯ

До недавнего времени в российском гражданском авиастроении преобладали предприятия полного цикла производства, включающие все технологические процессы производства. На одном предприятии производилась большая часть основных компонентов финальных изделий (планеров летательных аппаратов, авиадвигателей) и выполнялись все работы по их сборке [26, 65], см. рис. 1.1. (адаптировано из [38]). К таким предприятиям можно отнести, например ОАО «Воронежское акционерное самолётостроительное общество», ОАО «Казанское авиационное производственное объединение» и ЗАО «Авиастар-СП».

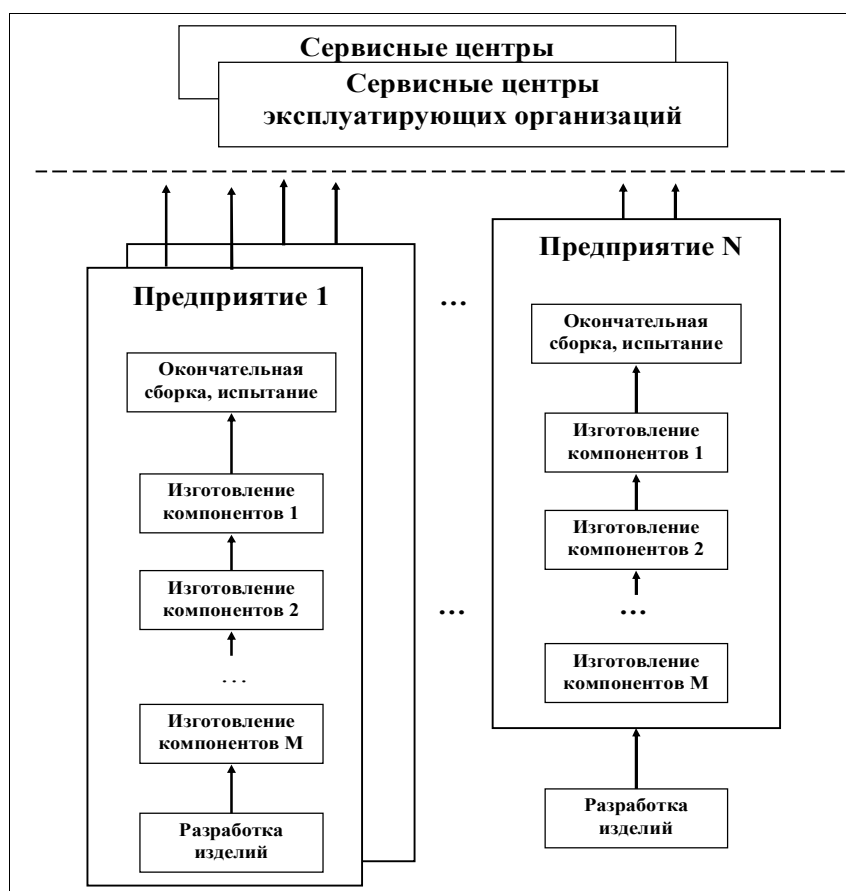


Рис. 1.1. Отрасль с предприятиями полного цикла производства

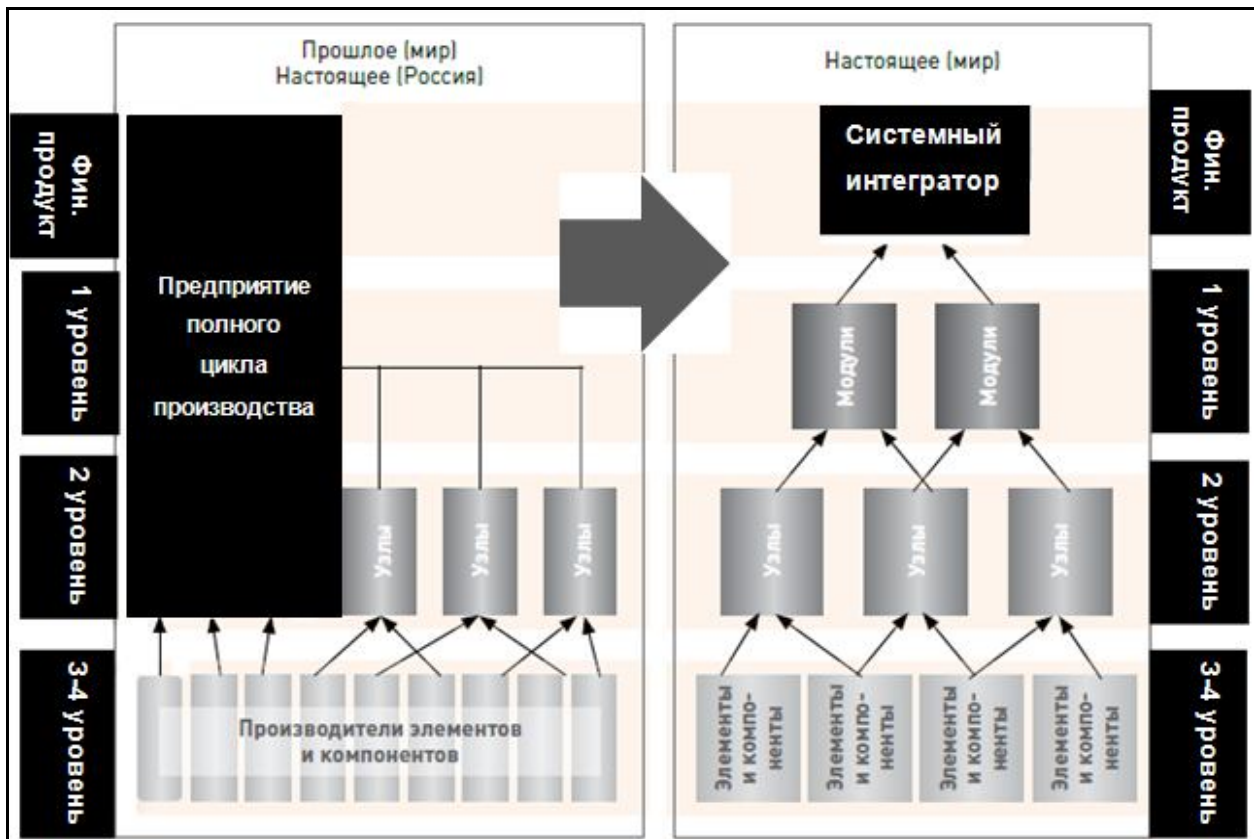
Предприятие полного цикла производства объединяет все звенья технологической цепочки, например, от механической обработки и формовки алюминиевых заготовок до сборки секций фюзеляжа самолета. Как правило, на таких предприятиях существуют и вспомогательные производства, которые обслуживают основное: транспортный цех, служба механика и энергетика и т. д, см. например [85].

Полный цикл производства приводит к дублированию на каждом предприятии постоянных затрат на НИОКР, на освоение серийного производства изделий и их компонент. Как следствие, себестоимость финальных изделий повышается, а бюджетные средства, выделяемые на поддержку отрасли, распыляются между несколькими проектами, реализуемыми в одних и тех же её сегментах. Сложившаяся жесткая организационная структура также не позволяет адекватно и своевременно реагировать на изменения спроса [55, 65, 76].

Особенно остро ощущается неэффективность подобной организационной структуры в процессе масштабного технологического перевооружения, проводимого в настоящее время в российской наукоемкой и высокотехнологичной промышленности [26, 27, 28], в том числе в гражданском авиастроении. Масштабы выпуска финальных изделий на предприятиях полного цикла производства не обеспечивают экономически эффективной загрузки дорогостоящего оборудования.

Главной тенденцией развития организационной структуры наукоемкой и высокотехнологичной отрасли промышленности стал переход от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре [58, 76, 77]. Переход к сетевой структуре отрасли сопровождается специализацией предприятий на выпуске определенных комплектующих изделий. Специализация дает возможность сокращения себестоимости за счет повышения масштабов выпуска и ассортимента продукции специализированных производителей [17, 19, 67], что позволяет исключить дублирование затрат на технологическое перевооружение предприятий.

За последние десятилетия в мировом гражданском авиастроении сформировалась сетевая организационная структура, состоящая из системных интеграторов, поставщиков первого уровня и поставщиков со второго по четвертый уровень [26, 61], см. рис. 1.2. (адаптировано по данным [65]).



**Рис. 1.2. Переход к сетевой структуре отрасли гражданского авиастроения**

Приведем выдержку из Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26]: «Одним из основных направлений развития авиационной промышленности в мире за последние десятилетия стало разделение ролей финальных интеграторов, интеграторов (поставщиков) 1-го уровня и поставщиков 2 - 4-го уровней в рамках концепции «от производства к интеграции». К первым относят компании Boeing и Airbus, занимающиеся разработкой, интеграцией и окончательной сборкой воздушных судов. Ко вторым относятся такие компании как Hamilton, Rockwell Collins, Safran, занимающиеся разработкой и производством основных бортовых комплексов и систем воздушных судов». В сетевой структуре от-

расли системные интеграторы занимаются разработкой, интеграцией и контролем над сборкой летательных аппаратов. Они задают требования к облику воздушного судна, к его системам, осуществляют общее управление проектом, маркетинг, послепродажное обслуживание, контролируют технологии и являются держателями сертификата типа воздушного судна. Системные интеграторы закупают комплектующие изделия, услуги и работы производственного назначения у поставщиков 1-го уровня и поставщиков 2 - 4-го уровней.

Сетевая организационная структура отрасли не исключает конкуренции, как между специализированными предприятиями-производителями комплектующих, так и между системными интеграторами. Каждый системный интегратор при закупке комплектующих изделий может выбирать из нескольких конкурирующих поставщиков, что позволяет ему снизить отпускную цену и риск ухудшения качества.

В условиях скачков отпускных цен специализированных предприятий-поставщиков системный интегратор может придерживаться *пассивной* стратегии, то есть работать с одним поставщиком на протяжении всего жизненного цикла (ЖЦ) данного поколения изделий. В этом случае в отрасли формируется сетевая структура с жестким закреплением связей.

Системный интегратор также может придерживаться *активной* стратегии, гибко меняя поставщиков при повышении отпускных цен. В этом случае в отрасли формируется сетевая структура с виртуальными предприятиями, для которых характерен переменный состав поставщиков.

Виртуальное предприятие - это «*сетевая, компьютерно опосредованная организационная структура, состоящая из неоднородных взаимодействующих агентов, расположенных в различных местах. Эти агенты разрабатывают совместный проект (или ряд взаимосвязанных проектов), находясь между собой в отношениях партнерства, кооперации, сотрудничества, координации и т.п.*» [73]. Агентами виртуального предприятия называются специализированные предприятия - поставщики комплектующих изделий и производственных



услуг. Системный интегратор может оперативно менять агентов для снижения отпускных цен комплектующих и минимизации контрактных рисков.

Термин «виртуальное предприятие» является устоявшимся в западной наукоемкой промышленности, но в России еще широко не применяется. В данной работе будет использоваться термин «виртуальное производственное объединение» (ВПО), который подчеркивает, что реальные предприятия взаимодействуют друг с другом в рамках виртуального сетевого объединения.

В условиях современной экономики роль ВПО существенно возрастает. ВПО позволяет *«сформировать гибкую и динамичную организационную систему, наиболее приспособленную к скорейшему выпуску и оперативной поставке новой продукции на рынок»* [53]. ВПО должно обеспечивать реализацию всего жизненного цикла изделия. Портфель заказов может изменяться в короткие сроки, так же как и состав организаций, участвующих в его выполнении. Важно подчеркнуть, что такое объединение является добровольным и не предполагает жесткого закрепления связей между предприятиями. Члены объединения связаны лишь общими экономическими интересами, а также единой информационной средой, содержащей данные об изделии.

Концепция перехода к сетевым организационным структурам заложена в Государственной программе Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы», поскольку именно несоответствие текущей структуры отрасли международному уровню считается основным препятствием на пути повышения конкурентоспособности российского гражданского авиастроения на мировом рынке.

В 2006 году указом Президента РФ № 140 была учреждена ОАО «Объединенная авиастроительная корпорация» (ОАО «ОАК»), в уставной капитал которой были внесены государственные пакеты акций практически всех авиационных заводов и конструкторских бюро. Задачей, поставленной в Государственной программе РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26] является: *«переход ОАО «ОАК» на новую индустриальную модель»*, который реализуется по следующим основным направлениям: *« - формирова-*

ние конкурентной среды поставщиков комплектующих изделий 2 - 4 уровней <...>;

*-оптимизация и модернизация производственных активов предприятий отрасли посредством переноса, оптимизации и концентрации внутренних производств финальных интеграторов и комплектаторов первого уровня, создания центров ключевых компетенций ОАО «ОАК», включения в систему мировой производственной кооперации».*

В рамках Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» перед агрегатостроением и приборостроением стоят следующие задачи [26]:

*«-выход организаций отрасли на мировой рынок в качестве поставщиков компонентов 2 - 4-го уровня;*

*-выход организаций отрасли на мировой рынок в качестве интегратора 1-го уровня и поставщика конкурентоспособных авиационных агрегатов и систем».*

На практике процесс перехода к сетевой структуре отрасли российского гражданского авиастроения не завершен. Многие предприятия, входящие в ОАО «ОАК», еще сохраняют самостоятельность и являются предприятиями полного цикла производства. Организационная структура гражданского авиастроения в России и мире показана на рис. 1.2. (адаптировано по данным [65]).

В Государственной программе РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» заложен безальтернативный переход к сетевой организационной структуре и полный отказ от предприятий полного цикла производства.

Необходимо учитывать, что переход к сетевой структуре отрасли связан с проявлением ряда контрактных рисков, которые влияют на себестоимость финальных изделий. Возможно повышение транзакционных и транспортных затрат, рост уровня дефектности продукции и т.д. Становится ощутимыми риски оппортунистического поведения поставщиков. Изменение производственных

затрат на стадии серийного производства, связанное с оппортунистическим поведением партнеров и т.п., глубоко изучено в работах [45, 87, 88, 104].

Активная смена поставщиков с целью выбора минимальных цен поставляемых ими комплектующих сопряжена с дополнительными затратами и потерями, поэтому не всегда будет целесообразной. В этих условиях отрасль с предприятиями полного цикла производства в ряде случаев может оказаться экономически более выгодной.

Целью данного исследования является определение эффективных направлений реформирования организационной структуры отрасли российской наукоемкой промышленности (на примере гражданского авиастроения) для достижения конкурентоспособности на мировом рынке с учетом минимизации негативных экономических и социальных последствий. В работе предложен выбор из следующих альтернатив: отрасль с предприятиями полного цикла производства, сетевая структура отрасли с жестким закреплением связей, сетевая структура отрасли с гибкой сменой контрагентов (формирование ВПО).

Ставится задача фундаментального экономически обоснованного выбора направлений реформирования организационной структуры российского гражданского авиастроения в рамках государственных программных мероприятий.

Ниже предлагаются упрощенные экономико-математические модели, учитывающие вышеперечисленные факторы и позволяющие принимать обоснованные решения о выборе оптимальной организационной структуры наукоемкой отрасли промышленности на примере гражданского авиастроения.

### **1.1. Модели влияния организационной структуры отрасли на себестоимость наукоемкой продукции**

В данной работе эффективность организационных структур будет сравниваться по критерию минимальной себестоимости производства наукоемкой продукции (на примере гражданского авиастроения) при заданном объеме выпуска в отрасли. Предложенные модели себестоимости учитывают следующие факторы:

- технологическую общность различных видов изделий;
- эффект обучения в процессе производства;
- риск оппортунистического поведения поставщиков комплектующих изделий;
- затраты на поиск и смену контрагентов;
- влияние внедрения информационных технологий (ИТ) на уровень транзакционных затрат.

### ***1.1.1. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции в отрасли с предприятиями полного цикла производства***

Рассмотрим предприятие гражданского авиастроения с полным циклом производства нескольких типов наукоемких изделий. Пусть все типы выпускаемых финальных изделий состоят из одинакового набора основных компонент. Будем считать одним типом финального изделия семейство моделей самолетов. В качестве примера: модели Sukhoi Business Jet, Sukhoi SuperJet-100 Long Range и Sukhoi SuperJet RRJ-95B будут относиться к одному типу Sukhoi SuperJet-100. Предположим, что в отрасли разрабатывается и производится (с использованием условно одинаковых технологий) поколение разных типов самолетов. Самолеты разных типов разрабатываются, выходят на рынок и снимаются с производства практически одновременно. Себестоимость выпуска определенного типа изделий в объеме  $Q$  единиц за весь ЖЦ данного поколения изделий можно представить в виде суммы постоянных (т. е. не зависящих от выпуска) и переменных затрат<sup>1</sup>:

$$TC(Q) = FC + VC(Q), \quad (1.1)$$

где  $FC$ ,  $VC(Q)$  – соответственно постоянные и переменные затраты.

Обозначим  $FC^{min}$  – сумму постоянных затрат на изолированные разработку и подготовку производства одного типа изделия (усредненную по модельному ряду). В эту сумму входят постоянные затраты, возникающие по всей техно-

---

<sup>1</sup>Впервые данная модель была предложена автором в работе [5] и развита в работе [13].

логической цепочке за весь ЖЦ данного поколения изделий.  $FC^{мин}$  состоят из затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) и затрат на технологическую подготовку производства (ТПП):

$$FC^{мин} = FC_{НИОКР}^{мин} + FC_{ТПП}^{мин}, \quad (1.2)$$

где  $FC_{НИОКР}^{мин}$  – постоянные затраты на НИОКР на один тип изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий,

$FC_{ТПП}^{мин}$  – постоянные затраты на ТПП на один тип изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий.

НИОКР – это комплекс работ, которые включают в себя: проведение исследований, изготовление и испытания опытных образцов. К затратам на НИОКР можно отнести затраты на заработную плату работников, непосредственно занятых в выполнении таких работ, и затраты на содержание и эксплуатацию научно-исследовательского оборудования. В затраты на НИОКР также входят затраты на конструкторское сопровождение и модернизацию на всем протяжении ЖЦ данного поколения изделий. Данные затраты не зависят от объемов выпуска финальных изделий, т.е. являются постоянными.

ТПП – это комплекс работ, который обеспечивает технологическую готовность производства. ТПП включает в себя подготовку и наличие полных комплектов конструкторской и технологической документации на финальные изделия, а также приобретение оборудования, которое необходимо для выпуска заданного объема продукции.

Постоянные затраты на ТПП на один тип изделия предлагается разделить на  $FC_{ТПП}^{общ}$  – общие затраты на ТПП для всех типов изделий данного вида (например самолетов, двигателей) и на  $FC_{ТПП}^{спец}$  – специфические затраты на ТПП для изделий данного типа. К общим постоянным затратам на ТПП можно отнести: затраты на приобретение специализированного оборудования для производства компонент для всех типов изделий данного вида (например, лопаток турбины для различных типов авиадвигателей), затраты на подготовку высококвалифицированных специалистов.

К специфическим постоянным затратам на ТПП относятся затраты на специализированную технологическую оснастку (например, пресс-формы), на разработку программного обеспечения и настройку станков автоматизированных технологических линий и установок для выпуска комплектующих изделий конкретного типа (например, деталей фюзеляжа к конкретному типу самолета).

Введем  $\gamma$  – коэффициент технологической общности, которым обозначим долю постоянных затрат на ТПП являющейся общей для различных типов изделий. Тогда общие и специфические затраты на ТПП могут быть представлены следующим образом:

$$FC_{ТПП}^{общ} = \gamma \cdot FC_{ТПП}^{мин}, \quad (1.3)$$

$$FC_{ТПП}^{спец} = (1 - \gamma) \cdot FC_{ТПП}^{мин}. \quad (1.4)$$

С учетом этого деления  $FC^{мин}$ :

$$\begin{aligned} FC^{мин} &= FC_{НИОКР}^{мин} + FC_{ТПП}^{мин} = FC_{НИОКР}^{мин} + FC_{ТПП}^{общ} + FC_{ТПП}^{спец} = \\ &= FC_{НИОКР}^{мин} + \gamma \cdot FC_{ТПП}^{мин} + (1 - \gamma) \cdot FC_{ТПП}^{мин}. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Предположим, что в отрасли гражданского авиастроения изначально работало  $N$  наукоемких предприятий полного цикла производства. Обозначим  $m$  – среднее число типов финальных изделий, которое выпускалось на каждом предприятии. Количество типов финальных изделий в отрасли составляло  $N \times m$  наименований.

Будем считать, что  $FC_{НИОКР}^{мин}$  – затраты на НИОКР на один тип изделия и  $FC_{ТПП}^{спец}$  – специфические затраты на ТПП на один тип изделия повторяются в отрасли столько раз, сколько существует типов финальных изделий ( $N \times m$ ).  $FC_{ТПП}^{общ}$  – общие затраты на ТПП для всех типов изделий данного вида воспроизводятся на каждом из  $N$  предприятий.

Тогда постоянные затраты в гражданском авиастроении при полном цикле производства на всех предприятиях отрасли можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} FC_{н.ц.л.} &= N \cdot m \cdot FC_{НИОКР}^{мин} + N \cdot FC_{ТПП}^{общ} + N \cdot m \cdot FC_{ТПП}^{спец} = \\ &= N \cdot (m \cdot FC_{НИОКР}^{мин} + \gamma \cdot FC_{ТПП}^{мин} + m \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{ТПП}^{мин}) \end{aligned} \quad (1.6)$$

Переменные затраты складываются из материальных затрат и затрат на оплату труда. В высокотехнологичных отраслях удельные переменные затраты существенно сокращаются с ростом накопленного выпуска, поскольку с каждым выпущенным экземпляром изделия накапливается опыт его производства. Этот эффект называется *эффектом обучения* [105]. В первую очередь, эффект обучения позволяет сократить удельные трудовые затраты. Кривую обучения для удельных трудозатрат можно представить в простейшем случае следующим образом (см.[89]):

$$c_{mp}(q) = c_{mp}^1 (1 - \lambda)^{\log_2 q}, \quad (1.7)$$

где  $c_{mp}^1$  – удельные трудозатраты на выпуск первого экземпляра изделия,  $q$  – накопленный к данному моменту выпуск изделий данного типа,  $c_{mp}(q)$  – удельные трудозатраты на выпуск очередного  $q$ -го изделия, а  $\lambda$  – темп обучения. Такая зависимость кривой обучения (см. (1.7)) означает, что при каждом удвоении накопленного выпуска удельные трудозатраты на очередной экземпляр изделия сокращаются на  $\lambda \times 100\%$ . Впервые модель кривой обучения была введена Т. П. Райтом именно для самолетостроения, где велика доля сложного ручного труда, требующего высокой квалификации работников, а темп обучения достигает 10-20% [89,105].

Трудовые затраты на выпуск определенного типа финальных изделий на одном предприятии полного цикла производства в гражданском авиастроении за весь ЖЦ данного поколения изделий можно выразить выражаются следующим образом:

$$C_{mp,n,n.}^{min}(Q) = c_{mp}^1 \cdot \sum_{q=1}^Q (1 - \lambda)^{\log_2 q} = c_{mp}^1 \cdot \sum_{q=1}^Q q^{\log_2(1-\lambda)} \approx c_{mp}^1 \cdot \int_0^Q q^{\log_2(1-\lambda)} \approx c_{mp}^1 \cdot \frac{Q^{1+\log_2(1-\lambda)}}{1+\log_2(1-\lambda)}. \quad (1.8)$$

Материальные затраты на выпуск определенного типа финальных изделий на одном предприятии полного цикла производства в гражданском авиастроении за весь ЖЦ данного поколения изделий будем рассчитывать по упрощенной линейной формуле:

$$C_{mat,n,n.}^{min}(Q) = c_{mat} \cdot Q, \quad (1.9)$$

где  $c_{mat}$  – средние материальные затраты на одно финальное изделие. В эти затраты входит стоимость сырья, материалов, готовых деталей и производственных услуг, закупаемых предприятием вне отрасли. Например в самолетостроении: это затраты на закупку авиадвигателей, авионики, приборов и пр. Здесь и далее рассматриваются материальные затраты, усредненные по выпуску отрасли.

Таким образом, суммарные затраты в гражданском авиастроении на выпуск финальных изделий всех типов за весь ЖЦ данного поколения изделий при полном цикле производства на всех предприятиях отрасли выражаются следующей суммой:

$$\begin{aligned}
 TC_{n.ц.н.} &= FC_{n.ц.н.} + N \cdot m \cdot VC(Q) = N \cdot m \cdot FC_{НИЮКР}^{mun} + N \cdot FC_{ТПП}^{общ} + N \cdot m \cdot FC_{ТПП}^{снач} + \\
 &+ N \cdot m \cdot C_{mp.n.ц.н.}^{mun}(Q) + N \cdot m \cdot C_{mat.n.ц.н.}^{mun}(Q) = \\
 &= N \cdot m \cdot FC_{НИЮКР}^{mun} + N \cdot \gamma \cdot FC_{ТПП}^{mun} + N \cdot m \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{ТПП}^{mun} + \\
 &+ N \cdot m \cdot c_{mp}^1 \cdot \frac{Q^{1+\log_2(1-\lambda)}}{1+\log_2(1-\lambda)} + N \cdot m \cdot c_{mat} \cdot Q. \quad (1.10)
 \end{aligned}$$

### ***1.1.2. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с жестким закреплением кооперационных связей***

Оценим себестоимость производства наукоемкой продукции при переходе к сетевой структуре отрасли гражданского авиастроения<sup>1</sup>. Предположим, что в сетевой организационной структуре остается по  $N'$  ( $N' < N$ ) конкурирующих предприятий, специализирующихся на выпуске каждого вида комплектующих или оказании производственных услуг в данной отрасли. В самолетостроении – производство секций фюзеляжа, крыла и т.д.; услуг по механообработке, гальванообработке и штамповке деталей. Предположим, что количество типов финальных изделий в отрасли с сетевой организационной структурой будет ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства:  $m' < N \times m$ .

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [5] и развита в работе [13].



При закупке комплектующих системный интегратор может придерживаться пассивной стратегии, т.е. работать с одним поставщиком на протяжении всего ЖЦ данного поколения изделия. В этом случае в отрасли формируется сетевая структура с жестким закреплением кооперационных связей. Суммарные постоянные затраты (в гражданском авиастроении) на производство всех типов финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при пассивной стратегии составят следующую величину:

$$\begin{aligned} FC_{\text{сет}_{\text{насс}}} &= m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{мин}} + N' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{общ}} + m' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{спец}} = \\ &= m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{мин}} + N' \cdot \gamma \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{мин}} + m' \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{мин}} . \end{aligned} \quad (1.11)$$

При переходе к сетевой структуре отрасли технологическая цепочка фрагментируется, то есть распадается на  $l$  звеньев. Будем считать, что при неизменных технологиях суммарные по всей цепочке постоянные затраты в отрасли на изолированные разработку и подготовку производства одного типа изделий сохраняются неизменными. В формуле (1.11) считаем, что  $FC_{\text{НИОКР}}^{\text{мин}}$  – затраты на НИОКР на один тип изделия и  $FC_{\text{ТПП}}^{\text{спец}}$  – специфические затраты на ТПП на один тип изделия повторяются в отрасли столько раз, сколько существует типов финальных изделий –  $m'$ .  $FC_{\text{ТПП}}^{\text{общ}}$  – общие затраты на ТПП для всех типов изделий данного вида воспроизводятся на каждом из  $N'$  специализированных предприятий-поставщиков комплектующих изделий. Предполагается, что каждое предприятие-поставщик выпускает комплектующие только к определенным типам финальных изделий, на которые он получит заказ, поэтому специфические постоянные затраты повторяются в отрасли  $m'$  раз.

В данной модели предполагается, что суммарный выпуск финальных изделий за весь ЖЦ данного изделия в стоимостном и количественном выражении одинаков для любой организационной структуры отрасли, что позволяет производить сравнение себестоимости.

Поскольку после перехода к сетевой организационной структуре гражданского авиастроения количество типов финальных изделий в отрасли меняет-

ся с  $N \times m$  до  $m'$ , каждое из них теперь выпускается в объеме  $Q'$  за весь ЖЦ данного поколения изделий:

$$Q' = Q \cdot (N \cdot m) / m'. \quad (1.12)$$

В рамках данной модели считается, что комплектующие, необходимые для производства финальных изделий обращаются только внутри отрасли сетевого типа, не покупаются и не продаются за ее пределами (являются промежуточными продуктами отрасли), то есть покупаются только системными интеграторами. Назовем их *покупными комплектующими изделиями*, сокращенно ПКИ.

Предположим, что при повышении цен на внешние для гражданского авиастроения материалы и услуги (например, на электроэнергию, металл и др.), специализированные предприятия-поставщики повышают отпускные цены на ПКИ для системного интегратора на величину, равную амплитуде скачка своих средних материальных затрат.

Скачок отпускной цены поставщика приведет к увеличению материальных затрат системного интегратора и, в конечном счете, себестоимости финальных изделий отрасли. В данной главе процессы изменения цен представляются как случайные, что более соответствует форс-мажорным обстоятельствам.

Формализуем повышение цен следующим образом: пусть на долю времени  $\alpha$  случайным образом возрастает, относительно обычного уровня, на долю  $\beta$  та часть цены ПКИ, которая отражает средние материальные затраты поставщика.

Если системный интегратор придерживается пассивной стратегии, то среднее по времени значение материальных затрат на единицу продукции с учетом скачка отпускных цен выражается следующим образом:

$$\bar{c}_{\text{мат}_{\text{нас}}} = (1 - \alpha) \cdot c_{\text{мат}} + \alpha \cdot (1 + \beta) \cdot c_{\text{мат}} = c_{\text{мат}} \cdot (1 - \alpha + \alpha + \alpha \cdot \beta) = c_{\text{мат}} \cdot (1 + \alpha \cdot \beta). \quad (1.13)$$

Материальные затраты в отрасли на выпуск определенного типа финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при пассивной стратегии составят:

$$C_{\text{Мат}_{\text{насс}}}^{\text{min}}(Q') = \bar{c}_{\text{Мат}_{\text{насс}}} \cdot Q' = c_{\text{Мат}} \cdot (1 + \alpha \cdot \beta) \cdot Q'. \quad (1.14)$$

Материальные затраты в отрасли на выпуск всех типов финальных изделий в отрасли составят:

$$C_{\text{Мат}_{\text{насс}}} = C_{\text{Мат}_{\text{насс}}}^{\text{min}}(Q') \cdot m' = \bar{c}_{\text{Мат}_{\text{насс}}} \cdot [Q \cdot (N \cdot m / m')] \cdot m' = c_{\text{Мат}} \cdot (1 + \alpha \cdot \beta) \cdot Q \cdot (N \cdot m). \quad (1.15)$$

Трудовые затраты в отрасли на выпуск определенного типа финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при пассивной стратегии составят:

$$C_{\text{mp}_{\text{насс}}}^{\text{min}}(Q') = c_{\text{mp}}^1 \cdot \sum_{q=1}^{Q'} (1 - \lambda)^{\log_2 q} \approx c_{\text{mp}}^1 \cdot \frac{Q^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{1 + \log_2(1 - \lambda)} = c_{\text{mp}}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m / m')^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{1 + \log_2(1 - \lambda)}. \quad (1.16)$$

Трудовые затраты в отрасли на выпуск всех типов финальных изделий в отрасли составят:

$$C_{\text{mp}_{\text{насс}}} = C_{\text{mp}_{\text{насс}}}^{\text{min}}(Q') \cdot m' = c_{\text{mp}}^1 \cdot \frac{m' \cdot (Q \cdot N \cdot m / m')^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{1 + \log_2(1 - \lambda)} = c_{\text{mp}}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m)^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{(1 + \log_2(1 - \lambda)) \cdot m'^{\log_2(1 - \lambda)}}. \quad (1.17)$$

Суммарные затраты в гражданском авиастроении на производство всех типов финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при пассивной стратегии равны:

$$\begin{aligned} TC_{\text{сем}_{\text{насс}}} &= FC_{\text{сем}_{\text{насс}}} + m' \cdot VC(Q') = m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{min}} + N' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{общ}} + m' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{спец}} + C_{\text{Мат}_{\text{насс}}} + C_{\text{mp}_{\text{насс}}} = \\ &= m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{min}} + N' \cdot \gamma \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{min}} + m' \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{min}} + \\ &+ c_{\text{Мат}} \cdot (1 + \alpha \beta) \cdot Q \cdot (N \cdot m) + c_{\text{mp}}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m)^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{(1 + \log_2(1 - \lambda)) \cdot m'^{\log_2(1 - \lambda)}}. \end{aligned} \quad (1.18)$$

### ***1.1.3. Модель себестоимости производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с гибкой сменой контрагентов (формирование виртуальных производственных объединений)***

В данном разделе будем считать, что системный интегратор придерживается *активной* стратегии<sup>1</sup>: оперативно меняет поставщиков при каждом повышении отпускных цен. В этом случае в отрасли формируется сетевая структура с ВПО, характеризующаяся гибкой сменой контрагентов.

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [5] и развита в работе [13].

Для описания процесса функционирования ВПО введем  $v_{\text{смены}}$  - среднюю частоту смены контрагентов в год. Эта частота может быть рассчитана по следующей формуле:

$$v_{\text{смены}} = \frac{1 - \alpha^{N'-1}}{T_{\text{низк}}}, \quad (1.19)$$

где  $T_{\text{низк}}$  - средняя длительность периода, на протяжении которого отпускные цены всех поставщиков ПКИ, а следовательно и материальные затраты системного интегратора принимают низкое значение. Периоды повышения и понижения цен чередуются. Данная формула получена на основе модели, предложенной в работе [39], в которой совокупность из  $N'$  независимых поставщиков данного вида ПКИ рассматривается как замкнутая система массового обслуживания. Каждый поставщик может пребывать на протяжении доли времени  $\alpha$  в состоянии с высокими отпускными ценами и на протяжении доли времени  $(1 - \alpha)$  в состоянии с низкими отпускными ценами.

Пусть  $x$  – ожидаемое число смен поставщиков за весь ЖЦ данного поколения изделий, которое выражается следующим образом:

$$x = T \cdot v_{\text{смены}} = T \cdot \frac{(1 - \alpha^{N'-1})}{T_{\text{низк}}}, \quad (1.20)$$

где  $T$  - длительность ЖЦ данного поколения изделий.

Постоянные затраты в отрасли при активной стратегии возрастут по сравнению с пассивной стратегией, так как при каждой смене контрагента новому поставщику придется осваивать с нуля производство ПКИ для финальных изделий данного типа. Специфические постоянные затраты на ТПП повторятся для всех видов ПКИ в среднем  $x$  раз, столько же сколько раз будет происходить смена поставщика.

Суммарные постоянные затраты (в гражданском авиастроении) на производство всех типов финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при активной стратегии составят следующую величину:

$$\begin{aligned} FC_{\text{сет}_{\text{акт}}} &= m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{мин}} + N' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{общ}} + x \cdot m' \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{спец}} = \\ &= m' \cdot FC_{\text{НИОКР}}^{\text{мин}} + N' \cdot \gamma \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{мин}} + x \cdot m' \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{\text{ТПП}}^{\text{мин}}. \end{aligned} \quad (1.21)$$

При активной стратегии системный интегратор в любой момент времени выбирает наиболее выгодного поставщика ПКИ данного вида. Следовательно средние материальные затраты высоки лишь в те периоды, когда у всех потенциальных поставщиков отпускные цены принимают высокое значение, т. е. на долю времени  $\alpha^{N'}$ , где  $N'$  - число предприятий поставщиков, потенциально способных выпускать необходимые комплектующие изделия.

Если системный интегратор придерживается активной стратегии, то среднее по времени значение материальных затрат на единицу продукции с учетом скачка отпускных цен выражается следующим образом:

$$\bar{c}_{mat_{акт}} = (1 - \alpha^{N'}) \cdot c_{mat} + \alpha^{N'} \cdot (1 + \beta) \cdot c_{mat} = c_{mat} \cdot (1 + \alpha^{N'} \cdot \beta). \quad (1.22)$$

Материальные затраты в отрасли на выпуск определенного типа финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при активной стратегии составят:

$$C_{mat_{акт}}^{min} = \bar{c}_{mat_{акт}} \cdot (Q'/x) \cdot x = \bar{c}_{mat_{акт}} \cdot Q'. \quad (1.23)$$

Материальные затраты в отрасли на выпуск всех типов финальных изделий в отрасли составят:

$$C_{mat_{акт}} = \bar{c}_{mat_{акт}} \cdot [Q \cdot (N \cdot m / m')] \cdot m' = c_{mat} \cdot (1 + \alpha^{N'} \beta) \cdot Q \cdot (N \cdot m). \quad (1.24)$$

Трудовые затраты в отрасли на выпуск определенного типа финальных изделий при активной стратегии составят:

$$\begin{aligned} C_{mp_{акт}}^{min}(Q') &= x \cdot C_{mp}(Q'/x) = x \cdot c_{mp}^1 \cdot \sum_{q=1}^{Q'/x} (1-\lambda)^{\log_2 q} \approx c_{mp}^1 \cdot \frac{x \cdot (Q'/x)^{1+\log_2(1-\lambda)}}{1+\log_2(1-\lambda)} = \\ &= c_{mp}^1 \cdot \frac{x \cdot \left(\frac{Q \cdot N \cdot m / m'}{x}\right)^{1+\log_2(1-\lambda)}}{1+\log_2(1-\lambda)} = c_{mp}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m / m')^{1+\log_2(1-\lambda)}}{(1+\log_2(1-\lambda)) \cdot x^{\log_2(1-\lambda)}}. \end{aligned} \quad (1.25)$$

Трудовые затраты в отрасли на выпуск всех типов финальных изделий в отрасли составят:

$$\begin{aligned} C_{mp_{акт}} &= C_{mp}(Q'/x) \cdot x \cdot m' = c_{mp}^1 \cdot \frac{x \cdot m' \cdot \left(\frac{Q \cdot N \cdot m / m'}{x}\right)^{1+\log_2(1-\lambda)}}{1+\log_2(1-\lambda)} = \\ &= c_{mp}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m)^{1+\log_2(1-\lambda)}}{(1+\log_2(1-\lambda)) \cdot (x \cdot m')^{\log_2(1-\lambda)}}. \end{aligned} \quad (1.26)$$

Кроме того, при смене поставщика системный интегратор несет транзакционные затраты на поиск нового контрагента и заключение контракта –  $c_{поиск}$ . Обозначим время смены контрагента  $\tau_{см}$ . Предположим, что в течение этого периода заказчик продолжает покупать комплектующие у прежнего поставщика по более высокой цене. Суммарные затраты системного интегратора при каждой смене поставщика выражаются следующей формулой:

$$c_{смена} = c_{поиск} + \tau_{см} \cdot j \cdot c_{мат} \cdot \beta, \quad (1.27)$$

где

$$j = \frac{Q'}{T} \quad (1.28)$$

объем закупок компонент к финальным изделиям данного типа. Здесь мы рассматриваем величины  $c_{смена}$ ,  $c_{поиск}$  как удельные затраты на одну смену контрагента.

Суммарные затраты в гражданском авиастроении на производство всех типов финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий при активной стратегии системных интеграторов равны:

$$\begin{aligned} TC_{сет_{ави}} &= FC_{сет_{ави}} + x \cdot m' \cdot VC(Q'/x') = m' \cdot FC_{НИОКР}^{мин} + N' \cdot FC_{ТПП}^{общ} + x \cdot m' \cdot FC_{ТПП}^{нет} + C_{мат_{ави}} + x \cdot m' \cdot c_{смена} + C_{пр_{ави}} = \\ &= m' \cdot FC_{НИОКР}^{мин} + N' \cdot \gamma \cdot FC_{ТПП}^{мин} + x \cdot m' \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{ТПП}^{мин} + c_{мат} \cdot (1 + \alpha^{N'} \beta) \cdot Q \cdot (N \cdot m) + \\ &+ x \cdot m' \cdot (c_{поиск} + \tau_{см} \cdot j \cdot c_{мат} \cdot \beta) + c_{мп}^1 \cdot \frac{(Q \cdot N \cdot m)^{1 + \log_2(1 - \lambda)}}{(1 + \log_2(1 - \lambda)) \cdot (x \cdot m')^{\log_2(1 - \lambda)}}. \end{aligned} \quad (1.29)$$

## 1.2. Параметрический анализ эффективности альтернативных организационных структур отрасли по критерию себестоимости наукоемкой продукции

### 1.2.1. Анализ эффективности перехода от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой структуре отрасли

Сравнительный анализ экономической эффективности различных организационных структур можно провести как в общем виде, сопоставляя итоговые формулы (1.10), (1.18) и (1.29), так и на основе расчетов, в которых параметры

соответствующих моделей изменяются в пределах, по порядку величины соответствующих данным гражданского авиастроения РФ.

Появляется возможность выявить условия, в которых будет предпочтительна та или иная организационная структура отрасли. Напомним, что в данной работе эффективность реформирования организационной структуры гражданского авиастроения будет сравниваться по критерию минимальной суммарной себестоимости производства наукоемкой продукции при заданном объеме выпуска продукции в отрасли.

Рассмотрим следующий пример, рассчитанный на основе данных, приведенных в Приложение №1 к государственной программе РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013 - 2025 годы» [60], в годовом отчете ОАО «ОАК» за 2011 год [22], в аудиторских заключениях по бухгалтерской отчетности ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» [2, 3, 4].

Предположим, что в гражданском авиастроении изначально работало  $N = 10$  предприятий полного цикла производства, каждое из которых выпускало в среднем  $m = 2$  типа финальных изделий. Объем выпуска каждого типа финального изделия примем равным  $Q = 125$  единиц за весь ЖЦ данного поколения изделий. Пусть при переходе к сетевой организационной структуре на каждом виде компонент специализируется  $N' = 4$  конкурирующих предприятия, а количество типов финальных изделий сокращается до  $m' = 5$ . Серийность выпуска каждого типа изделий возрастет до  $Q' = 500$  единиц за весь ЖЦ данного поколения изделий. Суммарные постоянные затраты на изолированные разработку и освоение производства одного типа изделий составят  $FC^{мин} = 50$  млрд. руб., из них  $FC_{НИОКР}^{мин} = 20$  млрд. руб., а  $FC_{ТПП}^{мин} = 30$  млрд. руб.

Примем долю общих постоянных затрат на ТПП  $\gamma = 75\%$ , тогда  $FC_{ТПП}^{общ} = 22,5$  млрд. руб., а  $FC_{ТПП}^{спец} = 7,5$  млрд. руб. Удельные трудозатраты на выпуск первого экземпляра изделия примем равными  $c_{mp}^1 = 180$  млн. руб., темп обучения  $\lambda = 10\%$ . Средние материальные затраты на одно изделие  $c_{mat} = 600$

млн. руб./ед. Длительность смены контрагента  $\tau_{см} = 2$  года (см. (1.27)). Длительность ЖЦ данного поколения изделий  $T = 25$  лет.

На рис. 1.3. представлена структура средней себестоимости одного финального изделия при различных организационных структурах гражданского авиастроения: отрасль с предприятиями полного цикла производства и сетевая структура с жесткими связями между поставщиками и системными интеграторами. Расчеты произведены в рамках вышеприведенного числового примера.



**Рис. 1.3. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

При переходе к сетевой структуре отрасли происходит дополнительная специализация предприятий на выпуске отдельных компонент и оказании производственных услуг. Специализация позволяет исключить дублирование постоянных затрат на ТПП и НИОКР, что приводит к их сокращению. Помимо сокращения постоянных затрат, специализация предприятий и переход к сетевой структуре отрасли повышают масштабы выпуска на отдельных предприятиях, что обеспечивает снижение средних трудовых затрат за счет эффекта обучения. Переход от отрасли с предприятиями полного цикла производства к



сетевой организационной структуре представляется однозначно выгодным, если не учитывать контрактные риски в виде скачков отпускных цен поставщиков.

Для детального анализа получившихся расчетов сопоставим формулы постоянных затрат (1.6) и (1.11). Сравнение данных формул показывает, что переход от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре позволяет существенно снизить постоянные затраты как в масштабах отрасли, так и в расчете на одно изделие.

В рамках данной модели сокращение постоянных затрат может достигаться за счет двух факторов:

- специализация предприятий на выпуске компонент ( $N' < N$ );
- сокращение количества типов финальных изделий ( $m' < N \times m$ ).

Влияние первого фактора будет тем сильнее, чем выше коэффициент  $\gamma$ , определяющий степень технологической общности изделий. В силу универсальности дорогостоящего производственного оборудования и квалифицированного персонала,  $\gamma$  - доля общих постоянных затрат на ТПП, во многих наукоемких и высокотехнологичных отраслях значительна. Общие затраты на ТПП для всех типов изделий данного вида за весь ЖЦ данного поколения изделий приходится воспроизводить на каждом из  $N'$  специализированных предприятий-поставщиков комплектующих изделий, поэтому специализация предприятий на выпуске компонент ( $N' < N$ ) становится существенно сокращения количества типов финальных изделий ( $m' < N \times m$ ).

На практике предприятия с полным циклом производства, стремясь диверсифицировать риск рыночного провала продаж, часто неоправданно увеличивали количество типов финальных изделий, даже если объемы выпуска отдельных типов становились единичными. В российском гражданском авиастроении на протяжении с 1996 года по 2010 год официально реализовалось несколько десятков проектов, в то время как общий выпуск магистральных и региональных самолетов всех типов на протяжении этого периода колебался от 5

до 17 изделий в год [22, 40, 65]. В сетевой структуре появляется возможность устранить эту диспропорцию без увеличения портфеля проектов отдельного предприятия: можно обеспечить выполнение условия  $m' > m$  при  $m' < N \times m$ . В то же время, для обеспечения эффективности реформирования организационной структуры гражданского авиастроения, сокращение количества типов финальных изделий необязательно. Количество типов финальных изделий может увеличиться ( $m' > N \times m$ ) в силу стремления производителей в ряде отраслей удовлетворить индивидуальный спрос. Даже в этом случае постоянные затраты в отрасли могут сократиться при выполнении следующего условия:

$$N' \cdot \gamma \cdot FC_{III}^{min} + m' \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{III}^{min} < N \cdot \gamma \cdot FC_{III}^{min} + N \cdot m \cdot (1 - \gamma) \cdot FC_{III}^{min}. \quad (1.30)$$

Условие выполняется, если доля общих постоянных затрат (коэффициент технологической общности финальных изделий) будет не ниже определенного уровня:

$$\gamma > \frac{m' - m \cdot N}{m' - m \cdot N + N - N'}. \quad (1.31)$$

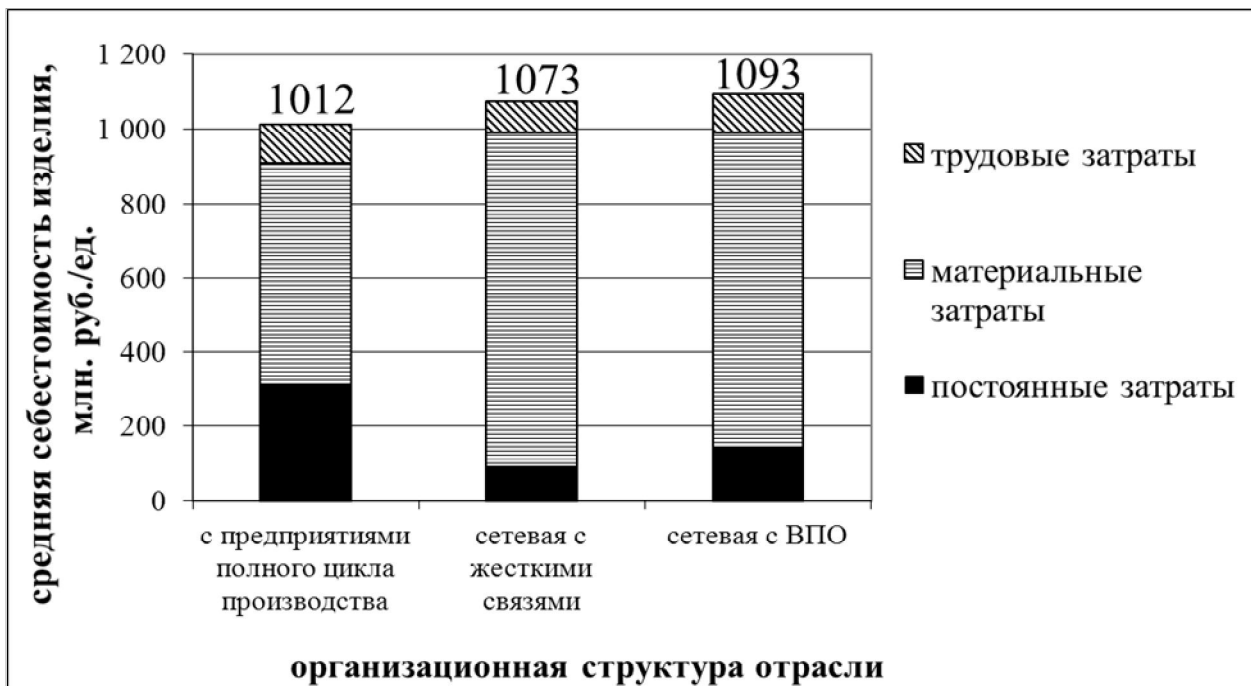
Последнее условие является весьма жестким, чтобы оно имело смысл, должно выполняться неравенство  $N' < N$ . При реформировании организационной структуры отрасли должна обязательно произойти специализация предприятий на выпуске определенных комплектующих. Кроме того, при неизменном суммарном выпуске отрасли увеличение количества типов финальных изделий означает снижение серийности выпуска отдельных типов, что может привести к повышению переменных затрат, прежде всего на оплату труда, поскольку в этом случае в меньшей степени проявится эффект обучения.

### ***1.2.2. Анализ влияния изменчивости цен и внедрения информационных технологий на эффективность формирования виртуальных производственных объединений в сетевой структуре отрасли***

Скачки отпускной цены поставщика приведут к увеличению материальных затрат системного интегратора и, в конечном счете, себестоимости финальных изделий отрасли. Сравним формулы (1.9) и (1.14). Повышение матери-

альных затрат может быть существеннее, чем снижение уровня постоянных затрат и затрат на оплату труда. На рис.1.4. приведены структуры средней себестоимости изделий, полученные в рамках приведенного выше числового примера. В отличие от примера, рассмотренного на рис. 1.3., учитывается, что независимые поставщики комплектующих изделий и производственных услуг могут периодически завышать отпускные цены, что в свою очередь влияет на средние материальные затраты системного интегратора.

Пусть специализированные предприятия-поставщики ПКИ периодически завышают отпускные цены на  $\beta = 100\%$  (т.е. вдвое) в течение  $\alpha = 50\%$  календарного времени. Реальная статистика роста цен комплектующих изделий в российском машиностроении показывает, что такие значения вполне вероятны [32, 51, 71]. Удельные затраты на одну смену контрагента будем считать равными  $c_{смена} = 60$  млн. руб./смена. Учитывается, что отпускные цены всех поставщиков ПКИ одновременно могут принимать низкое значение в среднем в течение  $T_{низк} = 5$  лет. Следовательно, ожидаемое число смен поставщиков за весь ЖЦ данного поколения изделий составит:  $x = 4,38$  раз, см. (1.20).

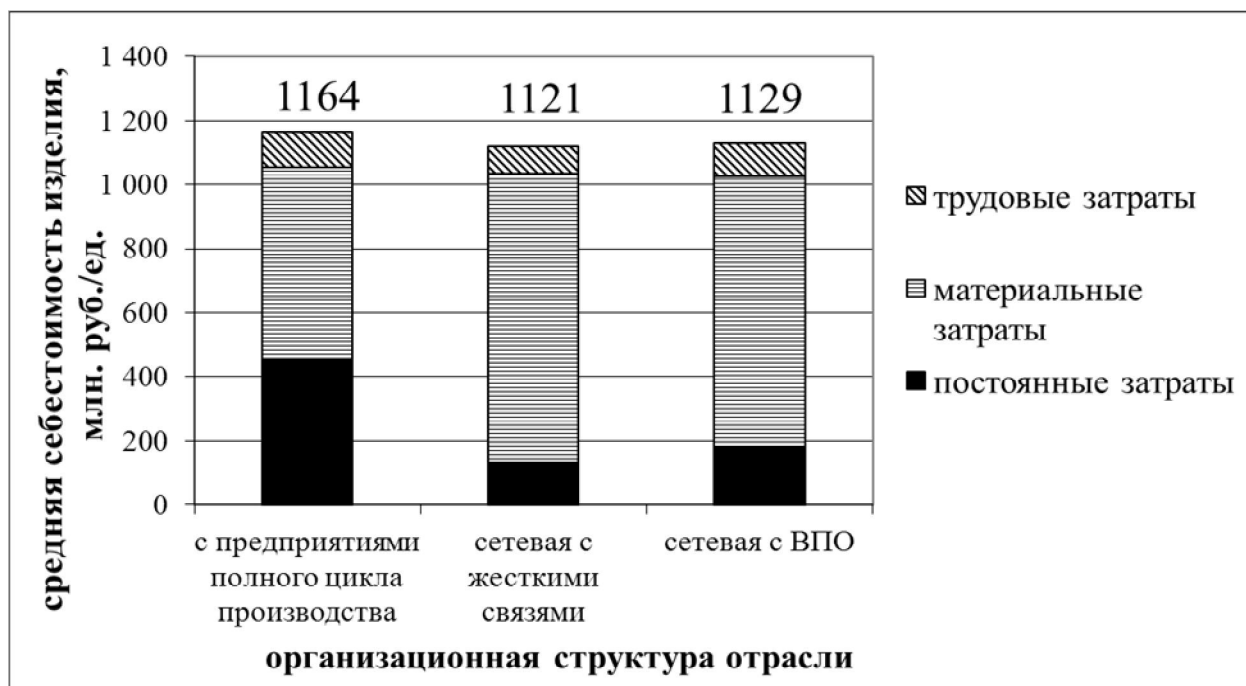


**Рис. 1.4. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

Несмотря на преимущества сетевых структур, контрактные риски приводят к тому, что структура отрасли с предприятиями полного цикла производства оказывается экономически более выгодной. Необходимо учитывать, что в формуле (1.13) изменение отпускных цен поставщиков считается случайным. На практике независимые поставщики, зная о том, что смена контрагента является длительной и дорогостоящей для системного интегратора, сознательно могут вести себя оппортунистически, завышая отпускные цены.

Как отмечалось выше, в высокотехнологичных отраслях промышленности удельные затраты на оплату труда существенно сокращаются с ростом накопленного выпуска благодаря эффекту обучения. Эффект обучения влияет на эффективность смены поставщиков в ВПО. При каждой смене поставщика теряется опыт, накопленный его предшественником. Процесс накопления опыта, знаний и компетенций приходится начинать заново, что приводит к увеличению суммарных затрат на оплату труда за весь ЖЦ данного поколения изделий. Если в структуре себестоимости значительна доля затрат на оплату труда, то при повышении величины темпа обучения сетевые структуры с жесткими связями получают существенное преимущество перед сетевыми структурами с ВПО. Эффект обучения, существенно значимый в гражданском авиастроении, усиливает связи поставщиков и системных интеграторов в сетевых структурах, что ведет к снижению частоты смены контрагентов в ВПО.

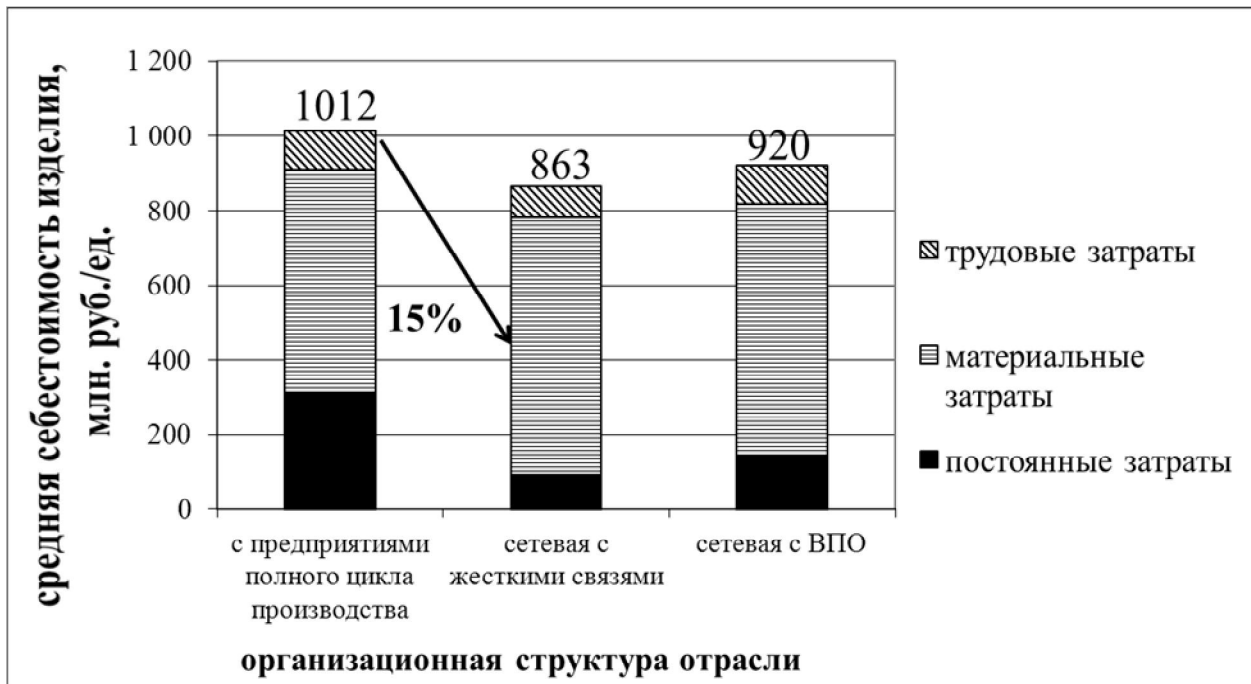
Теперь исследуем влияние длительности ЖЦ данного поколения изделий на эффективность той или иной организационной структуры. На рис. 1.5. представлена средняя себестоимость одного изделия при различных организационных структурах отрасли:  $T=17$  лет,  $\alpha = 50\%$ ,  $\beta = 100\%$ ,  $x = 2,98$  раз, см. (1.20).



**Рис. 1.5. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

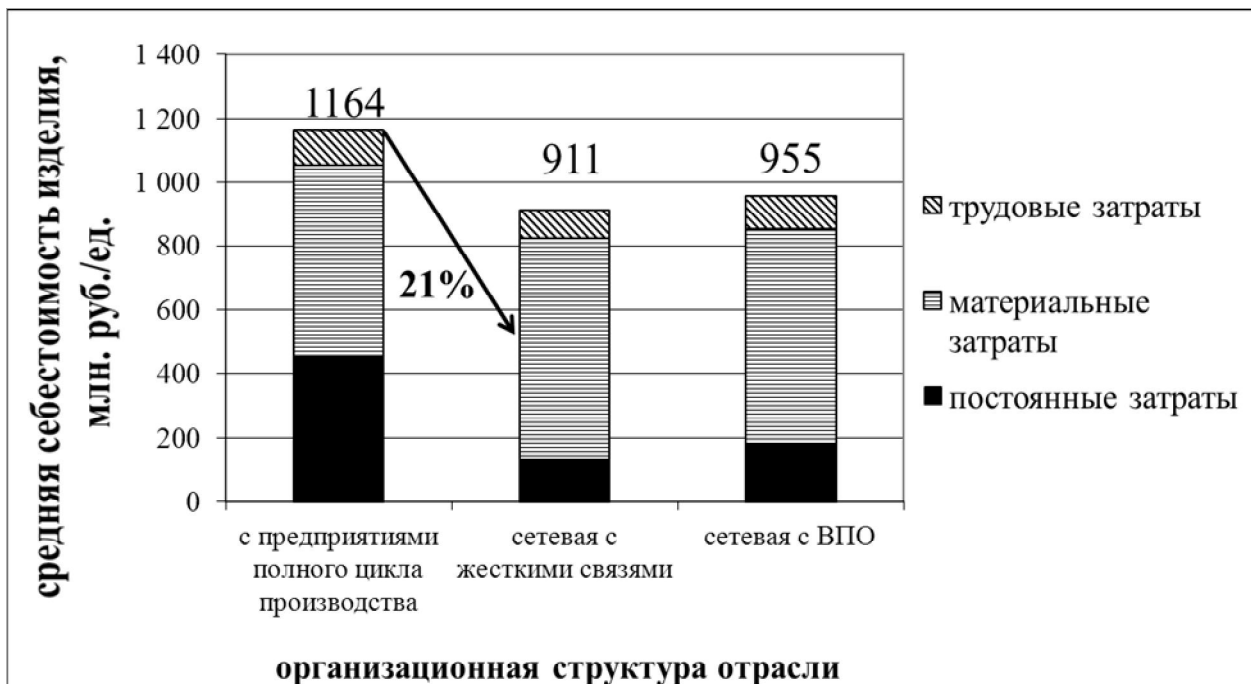
В примере, рассмотренном на рис. 1.5., показано, что снижение длительности ЖЦ данного поколения изделий делает сетевые организационные структуры более выгодными.

Далее рассмотрим влияние амплитуды скачка отпускных цен поставщиков ПКИ на среднюю себестоимость финальной продукции при разных организационных структурах. Ранее мы рассматривали пример, когда средние материальные затраты могут случайным образом повышаться на  $\beta = 100\%$  в течение  $\alpha = 50\%$  календарного времени. Теперь снизим амплитуду скачка цен. Пусть предприятия-поставщики ПКИ могут периодически завышать отпускные цены на  $\beta = 30\%$  в течение  $\alpha = 50\%$  календарного времени. Длительность ЖЦ данного поколения изделий примем равной  $T=25$  лет,  $x = 4,38$  раз. Средняя себестоимость изделий при данных параметрах в различных организационных структурах отрасли представлена на рис. 1.6.



**Рис. 1.6. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

Снизим длительность ЖЦ данного поколения изделий до 17 лет. Остальные параметры остаются неизменными, см. рис. 1.7.



### **Рис. 1.7. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

При скачках отпускных цен амплитудой порядка 30% себестоимость наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с жестким закреплением связей будет на 15% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства при  $T=25$  лет, и на 21%, при  $T=17$  лет, соответственно. Можно сделать вывод о том, что сокращение ЖЦ данного поколения изделий делает сетевую структуру отрасли с жестким закреплением связей наиболее выгодной. Скачки небольшой амплитуды не провоцируют системного интегратора на активную смену поставщиков при данных параметрах.

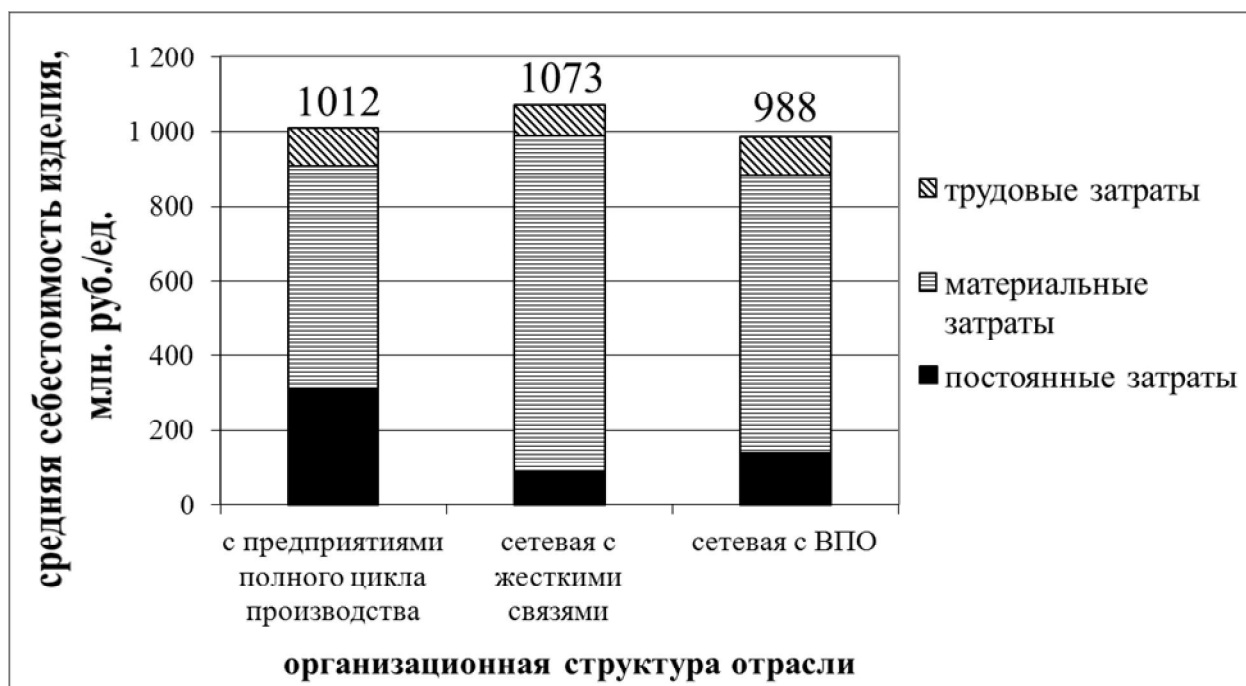
В примерах, приведенных на рис. 1.4–1.7. считалось, что смена поставщиков занимает в среднем  $\tau_{см} = 2$  года. При этих параметрах гибкая смена контрагентов неэффективна и приводит к дополнительным затратам.

Как показано в работах [39, 66, 72], при внедрении непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделий – CALS-технологии, в гражданском авиастроении позволяет сократить длительность освоения выпуска новой продукции на 25-75%. Единая информационная среда позволяет системному интегратору и поставщикам оперативно обмениваться информацией о конструкции изделия и способах его производства, что позволяет снизить длительность ТПП при начале работы с новым поставщиком.

Сократить время на выбор поставщиков позволяют электронные торговые площадки. Специально для российского гражданского авиастроения была открыта электронная торговая площадка B2B-Avia, которая позволила уменьшить время на поиск и смену контрагента в среднем на 50% [29, 62, 69].

Внедрение ИТ позволяют системному интегратору минимизировать негативное влияние контрактных рисков, формируя ВПО с переменным составом участников.

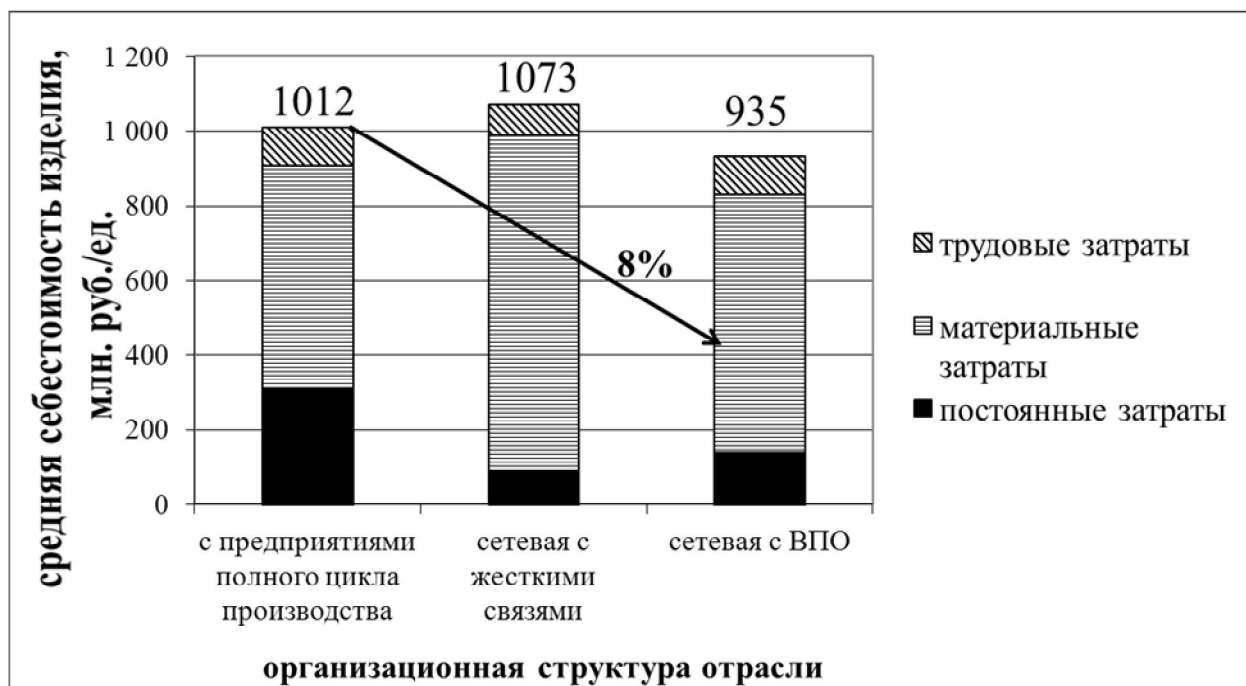
В примере, представленном на рис. 1.8., считается, что применение ИТ снижает длительность смены поставщика с  $\tau_{см} = 2$  лет до 1 года.  $T=25$  лет,  $\alpha = 50\%$ ,  $\beta = 100\%$ .



**Рис. 1.8. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

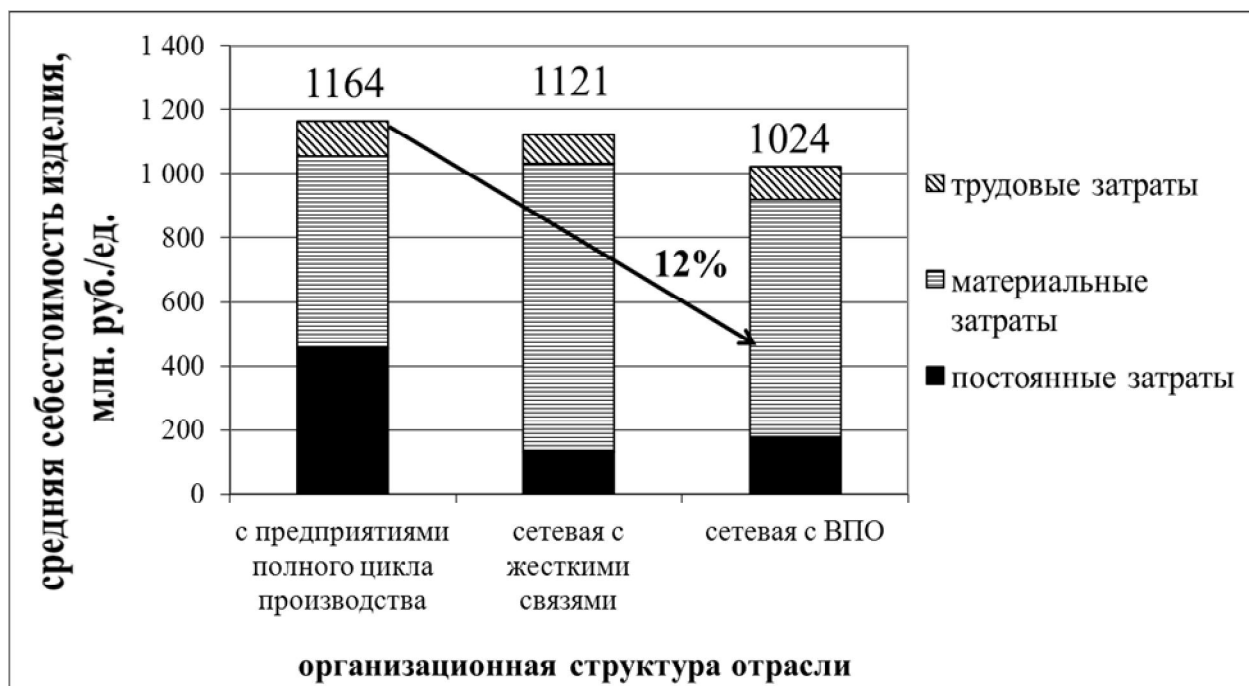
При дальнейшем снижении длительности смены поставщика до полугода, средняя себестоимость изделий при сетевой структуре отрасли с ВПО будет на 8% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства, см. рис. 1.9.  $T=25$  лет,  $\alpha = 50\%$ ,  $\beta = 100\%$ .





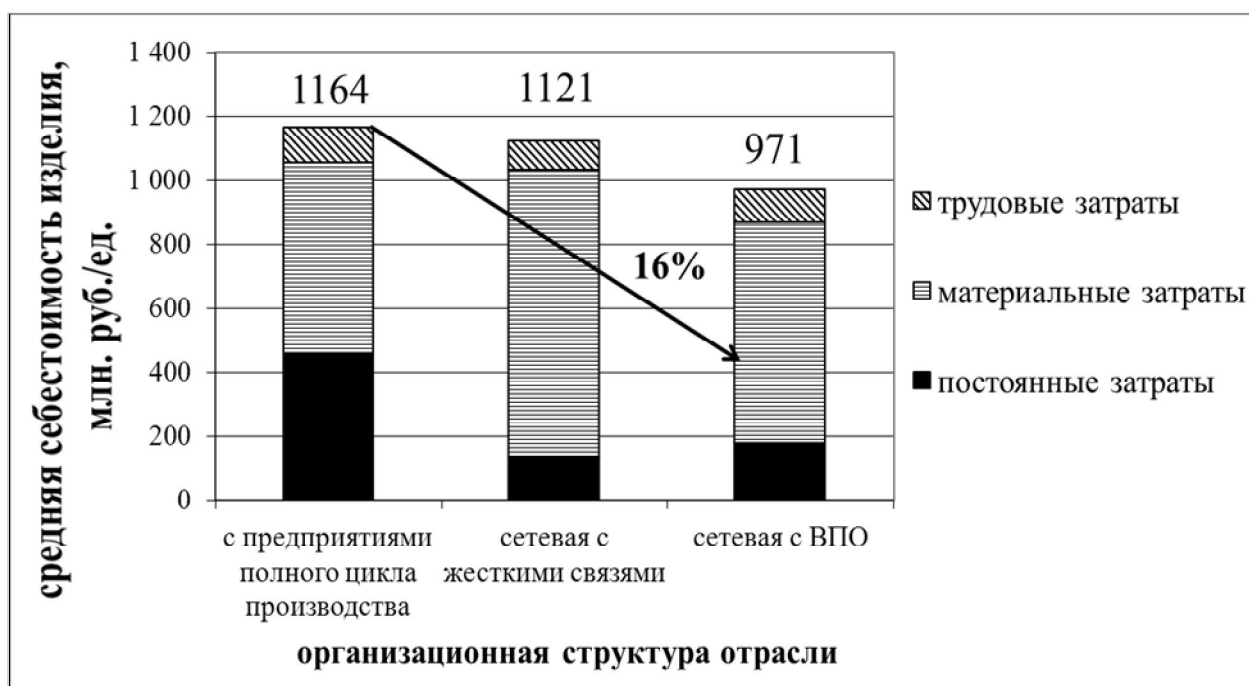
**Рис. 1.9. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

При снижении длительности ЖЦ данного поколения изделий до  $T=17$  лет ( $\alpha = 50\%$ ,  $\beta = 100\%$ ) и длительности смены контрагента с  $\tau_{см} = 2$  лет до 1 года средняя себестоимость изделий при сетевой структуре отрасли с ВПО будет на 12% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства, см. рис. 1.10.



**Рис. 1.10. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

При снижении длительности смены контрагента с 1 года до полугода ( $T=17$  лет,  $\alpha = 50\%$ ,  $\beta = 100\%$ ), средняя себестоимость изделий при сетевой структуре отрасли с ВПО будет на 16% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства, см. рис. 1.11.



### **Рис. 1.11. Средняя себестоимость изделия при переходе от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре**

При снижении ЖЦ данного поколения изделий с 25 лет до 17-20 лет одновременно с сокращением времени на поиск и смену контрагентов с нескольких лет до нескольких месяцев себестоимость производства одного изделия при сетевой структуре отрасли с ВПО будет на 12-16% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства.

Можно утверждать, что именно возможность оперативной смены партнеров благодаря внедрению ИТ открывает путь к формированию сетевых организационных структур в российском гражданском авиастроении за счет более низкой, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства, себестоимости производства продукции.

### **1.3. Анализ влияния организационной структуры гражданского авиастроения на конъюнктуру локальных рынков труда**

Основное внимание в данном разделе будет уделено социальным аспектам реформирования организационной структуры наукоемкой отрасли российской промышленности на примере гражданского авиастроения.

В 2012 году правительством утверждена Государственная программа РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» [27], которая охватывает следующие наукоемкие отрасли промышленности: автомобильную, машиностроение, станкоинструментальную, металлургическую и химическую. Целевыми ориентирами Государственной программы РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» являются следующие показатели:

1. Создание и модернизация 25 миллионов высокопроизводительных рабочих мест к 2020 г.

2. Увеличение производительности труда к 2020 году в 1,5 раза относительно уровня 2011 г.

Так радикально повысить производительность труда можно только за счет технического перевооружения и реформирования организационной структуры наукоемких отраслей промышленности.

Эта программа разработана в тесной взаимосвязи с программой по развитию авиационной промышленности. Приведем выдержку из Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26]: *«Основной мерой по обеспечению увеличения производительности труда, созданию и модернизации высокопроизводительных рабочих мест в РФ является изменение производственной модели авиационных предприятий, в частности, совершенствование организации производства и выведение ряда второстепенных переделов на аутсорсинг, в том числе в рамках кластеров. При этом будет происходить снижение численности работников отрасли авиастроения при сохранении положительной динамики выручки».*

Факторы, отмеченные в приведенной выше выдержке из Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы», оказывают противоположное влияние на изменение равновесных ставок заработной платы работников.

С одной стороны, при переходе к сетевой структуре отрасли происходит специализация предприятий, которая сопровождается ростом производительности труда, что должно приводить к росту ставок заработной платы работников. С другой стороны, специализированных предприятий будет существенно меньше, чем предприятий полного цикла производства [17, 26], т.е. ставка заработной платы может снизиться по причине сокращения числа потенциальных работодателей.

Для получения обоснованных выводов необходимо привести количественные оценки влияния этих двух разнонаправленных факторов на равновесные ставки заработной платы.

### 1.3.1. Модель влияния перехода к сетевой структуре наукоемкой промышленности на конъюнктуру локальных рынков труда

Если до перехода к сетевой структуре отрасли на рынке труда существовало  $N$  работодателей полного цикла производства, то после специализации предприятий их число должно сократиться до ( $N' < N$ ) (см. п. 1.1.2). С учетом территориальной разобщенности производств, может оказаться правомерным, что до и после перехода к сетевой структуре отрасли число потенциальных работодателей для работника, проживающего в определенном городе, равно единице, т.е. на рынке труда присутствует монополия. После перехода к новой организационной структуре вполне возможно, что и единственный работодатель для работника данной профессии прекратит существование.

Для количественного анализа описанной ситуации предлагается следующий подход<sup>1</sup>. Пусть до реформирования организационной структуры отрасли в российском гражданском авиастроении работало  $N$  одинаковых наукоемких предприятий полного цикла производства, размещенных в разных регионах. Будем считать, что каждое предприятие нанимало на рынке труда работников, не ожидая реакции других работодателей (т.е. реализовывалась т.н. модель Курно). Равновесная ставка заработной платы на этом рынке определяется следующей формулой (см., например, [18, 42]):

$$z^*(N) = \frac{MPL}{1 + \frac{1}{N \cdot \varepsilon_z^L}}, \quad (1.32)$$

где  $MPL$  – предельная производительность труда, усредненная по отрасли (под производительностью труда здесь подразумевается объем добавленной стоимости на одного занятого в год);

$\varepsilon_z^L$  – эластичность предложения труда по ставке заработной платы.

В данной модели эластичность предложения труда по ставке заработной платы  $\varepsilon_z^L$  предполагается неизменной при изменении организационной струк-

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [8].

туры отрасли и ее пространственного размещения. Величина  $\varepsilon_z^{L^s}$  считается сравнительно небольшой, поскольку она выражает именно изменение суммарного предложения труда данным работником вне зависимости от профессии, отрасли или места жительства.

В рамках модели предположим, что локальные рынки труда в каждом городе представляют собой монополии, следовательно, ставки заработной платы следует рассчитывать по формуле аналогичной (1.32), но при  $N = 1$ .

$$z_{\text{мон}}^* = z^*(1) = \frac{MPL_{\text{мон}}}{1 + \frac{1}{\varepsilon_z^{L^s}}}. \quad (1.33)$$

Рационально действующий работник соотносит ставки зарплаты на рынке монополии и на национальном рынке труда в своей профессии, на котором действует  $N$  конкурирующих работодателей. Работник может согласиться на переезд в другой город, то есть преодолеть некоторый «барьер межрегиональной мобильности»  $\Delta z$ , если там предложат зарплату на величину большую или равную  $\Delta z$ .

В случае если ставка зарплаты на национальном рынке труда превзойдет ставку зарплаты при монополии более чем на величину «барьера межрегиональной мобильности», т.е.

$$z^*(N) - z_{\text{мон}}^* > \Delta z, \quad (1.34)$$

то работнику стоит преодолевать барьер  $\Delta z$  и переезжать в город, с более выгодными условиями.

Можно оценить «высоту» барьера следующим образом:

$$\Delta z = \frac{C_{\text{смена}}}{T}, \quad (1.35)$$

где  $C_{\text{смена}}$  - единовременные затраты и потери, связанные со сменой места работы и места жительства;

$T$  - ожидаемая продолжительность работы на новом месте.

Строго говоря, «высота» «барьера мобильности»  $\Delta z$  индивидуальна для различных работников. Работники старшего возраста гораздо менее располо-

жены к смене места жительства, чем выпускники вузов. Для работников старшего возраста потери при переезде выше, а ожидаемое оставшееся время работы на новом месте меньше, особенно для работников предпенсионного возраста, что характерно для многих отраслей российской наукоемкой промышленности [26].

При переходе к сетевой структуре отрасли число потенциальных работодателей сокращается:  $N' < N$ , за счет их специализации. Предприятия, на которых ранее реализовался полный цикл производства изделий, могут быть перефилированы таким образом, что работники определенных профессий станут не востребованы в данном регионе и будут вынуждены сменить профессию или место жительства. Работники встанут перед выбором: либо, преодолев «барьер межрегиональной мобильности»  $\Delta z$ , переехать в город, где их профессия востребована, либо остаться на прежнем месте жительства и согласиться на смену вида деятельности.

На национальном рынке труда установится новая равновесная ставка заработной платы, которая определяется следующей формулой:

$$z^{*'}(N') = \frac{MPL'}{1 + \frac{1}{N' \cdot \varepsilon_z^L}}, \quad (1.36)$$

где  $MPL'$  – новое значение предельной производительности труда, после специализации производств и их технического перевооружения. Естественно предположить, что производительность труда при этом возрастет:  $MPL' > MPL$ , см. например [26].

Рационально действующий работник, оставшийся в городе, где его профессия более не востребована, должен соотнести альтернативную ставку заработной платы в своем городе, но в другой профессии  $z_{альт}$  и равновесную ставку заработной платы на национальном рынке труда своей профессии  $z^{*'}(N')$  с учетом затрат на переезд  $\Delta z$ . При выполнении следующего неравенства:

$$z^{*'}(N') - \Delta z > z_{альт}, \quad (1.37)$$

работнику выгоднее сменить место жительства, но остаться в профессии. В противном случае, работнику выгоднее уйти из профессии, но остаться на прежнем месте жительства.

Как и до перехода к сетевой структуре отрасли, работник может выбрать:

- относиться ли ему к своему работодателю как к единственно возможному, то есть рассчитывать на ставку зарплаты, характерную для монополии:

$$z_{\text{мон}}^{*'} = z^{*'}(1) = \frac{MPL'}{1 + \frac{1}{\varepsilon_z^L}}, \quad (1.38)$$

- или рассматривать национальный рынок труда и согласится на переезд.

В последнем случае равновесная ставка зарплаты возрастет до уровня  $z^{*'}(N')$ . Если новая ставка зарплаты на национальном рынке труда с учетом затрат на переезд будет выше величины «барьера межрегиональной мобильности»  $\Delta z$ :

$$z^{*'}(N') - z_{\text{мон}}^{*'} > \Delta z, \quad (1.39)$$

то работник предпочтет именно такой вариант.

До перехода к сетевой структуре отрасли равновесная ставка зарплаты находилась на следующем уровне:

$$z^* = \max \{ z_{\text{мон}}^*; z^*(N) - \Delta z \}, \quad (1.40)$$

а после перехода к сетевой структуре для работника, оставшегося в отрасли, составит:

$$z^{*'} = \max \{ z_{\text{мон}}^{*'}; z^{*'}(N') - \Delta z \}. \quad (1.41)$$

Нельзя сделать однозначный вывод о том, как именно изменится равновесная ставка зарплаты после перехода к сетевой структуре отрасли. Соотношение величин  $z^*$  и  $z^{*'}$  в рамках данной модели может быть различным, в зависимости, например от изменения числа потенциальных работодателей и вели-



чины производительности труда. Влияние этих факторов на ставку заработной платы работников гражданского авиастроения будет рассмотрено ниже.

### **1.3.2. Параметрический анализ изменения ставок заработной платы в результате перехода к сетевой структуре отрасли**

Рассмотрим следующий пример, рассчитанный на основе данных, приведенных в приложении №1 к Государственной программе РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26].

Пусть до перехода к сетевой организационной структуре в отрасли работало  $N = 10$  предприятий полного цикла производства, а после перехода к сетевой структуре осталось  $N' = 3$  специализированных производства данного профиля. «Барьер межрегиональной мобильности»  $\Delta z = 200$  тыс. руб. / чел.\*г. Предельная производительность труда  $MPL = 600$  тыс. руб. / чел.\*г. Будем считать, что предельная производительность труда возрастет до  $MPL' = 2700$  тыс. руб. / чел.\*г., согласно расчетам по данным на 2020 год, см. таблицу 1.1.

**Таблица 1.1. Расчет добавленной стоимости на человека по годам по данным Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы»**

Данные Государственной программы			Расчет
Год	Добавленная стоимость (ДС) (тыс. руб.)	Численность (чел.)	ДС на чел. (тыс. руб./чел.)
2011	191 580 195	326 875	586
2012	219 962 749	316 806	694
2013	270 243 337	304 611	887
2014	300 114 271	294 315	1 020
2015	364 121 543	288 118	1 264
2016	385 248 640	277 024	1 391
2017	420 052 765	266 230	1 578
2018	467 338 602	256 337	1 823
2019	522 641 769	233 843	2 235
2020	575 309 818	212 750	2 704

В соответствии с предложенной выше моделью, до перехода к сетевой структуре отрасли равновесная ставка заработной платы находилась на следующем уровне:

$$z^* = \max \{z_{\text{мон}}^*; z^*(N) - \Delta z\} =$$

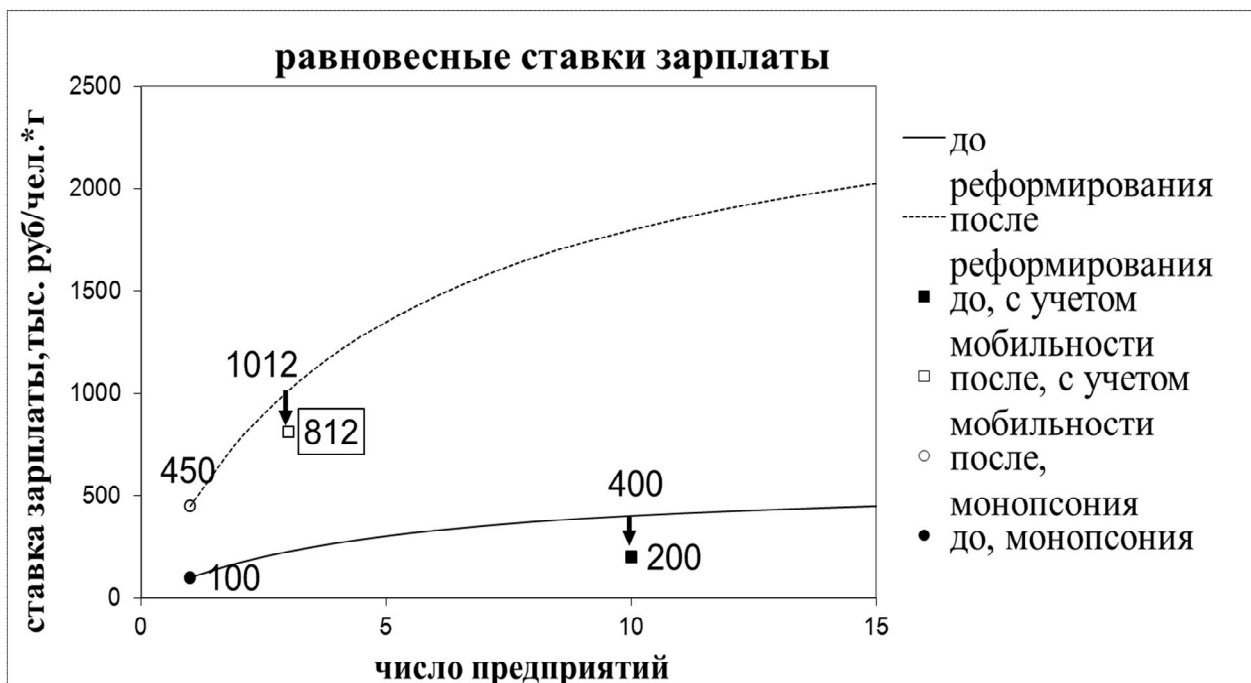
$$= \max \{100; 400 - 200\} \text{ тыс. руб./чел.*г} = 200 \text{ тыс. руб./чел.*г},$$

а после составит (для работников, оставшихся в отрасли):

$$z' = \max \{z_{\text{мон}}^*; z'(N') - \Delta z\} =$$

$$= \max \{450; 1012 - 200\} \text{ тыс. руб./чел.*г} = 812 \text{ тыс. руб.ед./чел.*г}.$$

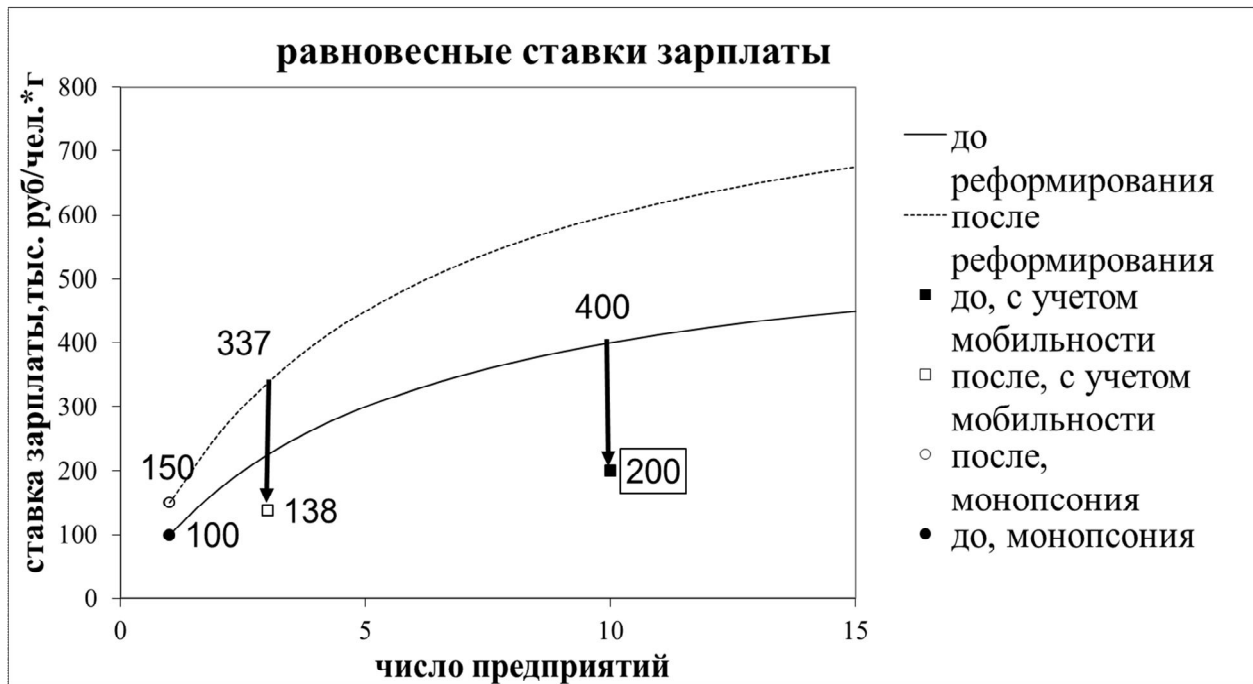
До реформирования организационной структуры отрасли работник выбирал между ставкой зарплаты в 100 тыс. руб. / чел.\*г. на рынке монополии и 200 тыс. руб. / чел.\*г. с учетом переезда. После перехода к сетевой структуре отрасли на рынке монополии установится равновесная ставка оплаты труда на уровне 450 тыс. руб. / чел.\*г., на национальном рынке труда 1012 тыс. руб. / чел.\*г., а с учетом потерь из-за смены места жительства на уровне 812 тыс. руб. / чел.\*г. Именно таких качественных изменений следует добиваться, планируя одновременно реформирование организационной структуры отрасли и ее техническое перевооружение. Наглядно эта ситуация изображена на рис. 1.12.



**Рис. 1.12.** Изменение равновесных ставок оплаты труда при переходе к сетевой структуре отрасли (пример 1)

Кривые на рис. 1.12. отображают изменение равновесной ставки оплаты труда в зависимости от числа конкурирующих работодателей при исходной (сплошная линия) и возросшей вследствие технического перевооружения производительности труда (пунктирная линия). Начальные точки этих кривых соответствуют монополии, которая складывается на каждом локальном рынке труда при отсутствии мобильности рабочей силы. Величина «барьера мобильности» отображается вертикальными стрелками. Равновесные ставки заработной платы для случая переезда работников в «более привлекательное место» обозначены концами стрелок.

Пусть производительность труда возрастет не в разы, а до  $MPL' = 900$  тыс. руб. / чел.\*г. Соответствующий пример приведен на рис. 1.13.



**Рис. 1.13. Изменение равновесных ставок оплаты труда при переходе к сетевой структуре отрасли (пример 2)**

В данном примере равновесная ставка заработной платы работников сократилась, несмотря на рост производительности их труда, с 200 тыс. руб. / чел.\*г до 138 тыс. руб. / чел.\*г на национальном рынке труда с учетом потерь из-за смены места жительства. Как видно из данных, представленных на рис. 1.13., изна-

чально переезд в другой город был оправдан, но после перехода к сетевой структуре отрасли потерял смысл.

### ***1.3.3. Разработка рекомендаций по оптимизации пространственной структуры наукоемкой промышленности с учетом кадровых и социально-экономических аспектов***

Как было показано в предыдущем параграфе, переход к сетевой структуре отрасли может привести к тому, что работники определенных профессий будут не востребованы при новой специализации предприятий. В этих условиях рыночная власть работодателей может повыситься.

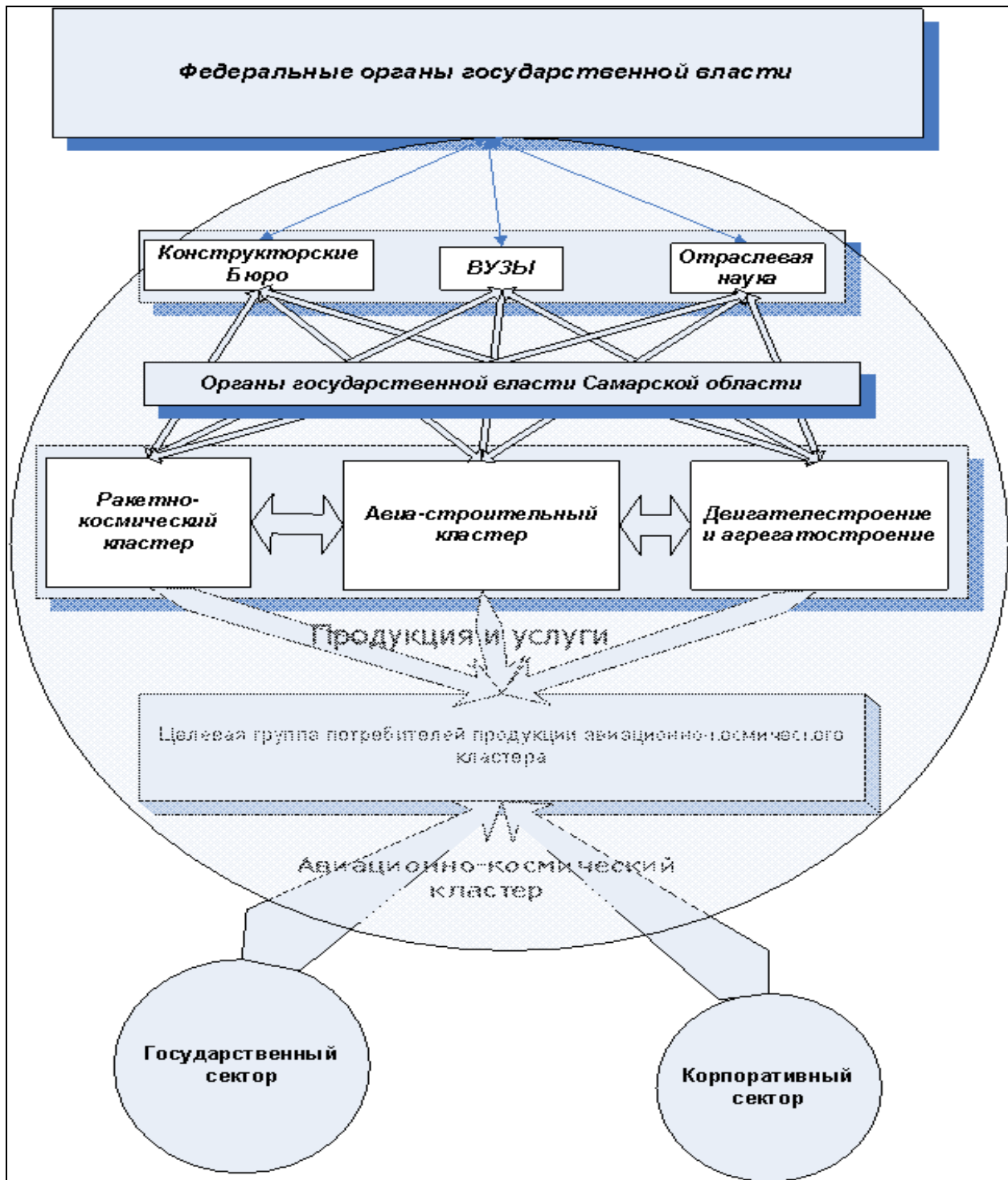
Компенсировать сокращение числа производств каждого профиля и потенциальных работодателей при переходе к сетевой структуре позволяет концентрация однотипных производств в кластерах [48]. Приведем выдержку из Государственной программы РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26]: *«Территориальные кластеры играют важную роль в экономическом развитии регионов. Развитие кластеров стимулирует повышение производительности, формирование новых компаний и создание новых рабочих мест, содействует росту инновационного потенциала.<...>*

*-сокращение избыточной численности персонала в крупнейших корпорациях отрасли в связи с автоматизацией и техническим перевооружением может быть компенсировано его трудоустройством на предприятиях малого и среднего бизнеса в рамках кластера».*

Компании – участники кластера расположены географически близко друг от друга, это создает возможность для совместного использования общих ресурсов (в наукоемких отраслях, прежде всего, кадровых и научных) и снижения затрат на процессы взаимообмена (как продукцией, так и знаниями).

Наиболее ярким примером кластера в гражданском авиастроении является авиационно-космический кластер в Самарской области (см. рис. 1.14., приведенный в Стратегии социально-экономического развития Самарской области до 2020 г. [1]). Кластер состоит из ракетно-космического, авиастроительного,

двигателестроительного и агрегаторостроительного подкластеров, сформированных вокруг предприятий «ЦСКБ – Прогресс», ОАО «СНТК им. Н.Д.Кузнецова», ОАО «Моторостроитель», ОАО «Авиакор-Авиационный завод».



**Рис. 1.14. Структура авиакосмического кластера в Самарской области**

Примерами могут послужить и другие уже сложившиеся кластеры в

авиационной промышленности:

- кластер предприятий авиационного и космического двигателестроения и агрегатостроения в Перми (эти предприятия традиционно работали в тесной кооперации и использовали единый комплекс площадей и инженерной инфраструктуры);
- кластер предприятий самолето-, вертолетостроения, авиационного двигателестроения в Казани;
- мегакластер авиационного, космического машиностроения и отраслевой науки в Москве и Московской области.

Эффективность формирования кластеров в наукоемкой промышленности обусловлена высоким уровнем инновационной активности предприятий и кооперацией производителей компонент авиатехники. Авиапромышленные кластеры обычно располагаются в тех же географических регионах, в которых расположены системные интеграторы воздушных судов или компании-поставщики первого уровня (т.е. поставщики крупных модулей и секций планера, агрегатов, авиадвигателей, авионики). В тех случаях, когда кооперационные связи между этими предприятиями были недостаточно тесными, активно использовалось основное преимущество кластерной организации – единый рынок высококвалифицированного труда и знаний.

В рамках данной работы важно рассмотреть именно кадровые и социальные аспекты формирования авиапромышленных кластеров в сочетании с переходом к сетевой структуре отрасли. Можно выделить два противоположных пути формирования структуры кластеров.

1. В составе каждого кластера могут формироваться центры компетенции и специализированные производства только одного профиля. Например, в определенном городе организуется несколько конкурирующих производств турбинных и компрессорных лопаток или конструкций планера из полимерно-композитных материалов и т.д., работающих в интересах всей страны и, возможно, зарубежных производителей. В данном кластере складывается единый конкурентный рынок труда высококвалифицированных специалистов соответ-

ствующего профиля (например, укладчиков и намотчиков ленты для производства полимерно-композитных материалов, операторов установок направленного литья монокристаллических лопаток турбин и др.).

В терминах предложенной модели на данном локальном рынке труда вместо монополии присутствует  $N'$  конкурирующих работодателей (причем,  $N' \gg 1$ ). Повышается конкуренция среди работодателей и устойчивость локального рынка труда, что вызывает соответствующий прирост уровня заработной платы работников. В условиях дефицита квалифицированных кадров [16, 70] рыночная власть специалистов растет.

Предприниматели также стремятся размещать свои специализированные производства именно в тех регионах, в которых уже существуют производства аналогичного профиля (а тем более – учебные заведения, способные готовить соответствующих специалистов [44]). Таким образом, предприниматели сами способствуют усилению конкуренции работодателей на локальных рынках квалифицированного труда.

Примером такого типа кластера в России является инновационный территориальный кластер Республики Мордовия «Энергоэффективная светотехника и интеллектуальные системы управления освещением». На территории республики расположены тринадцать предприятий, специализирующихся на приборостроении в области светотехники. Продукция кластера – это источники света, световые приборы, электронные компоненты и автоматизированные системы управления освещением [75].

Также в качестве примера можно привести особую экономическую зону «Титановая долина» в Свердловской области [57]. Титановый кластер обеспечивает потребности в титане следующих компаний: Boeing (на 40%), EADS (на 60%), Embraer (на 100%), BF Goodrich (на 95%), по данным [64]. В программе развития кластера заложено, что ожидаемое общее число рабочих мест с уровнем заработной платы, превышающим на 100% средний уровень в регионе базирования кластера в 2016 году должно составить 4500 мест, см. [64].

2. В составе каждого кластера могут присутствовать специализированные производства различных профилей, необходимых для создания ряда модулей финальной продукции, т.е. реализуется большая часть технологической цепочки. При этом наличие в данном кластере большого числа дублирующих и конкурирующих предприятий одного профиля маловероятно. Локальный рынок труда специалистов, востребованных на производстве данного профиля, сужается (как и рассматривалось в предлагаемой модели), а низкая межрегиональная мобильность специалистов затрудняет их переход на конкурирующие предприятия аналогичного профиля, поскольку они располагаются в других кластерах и регионах. Рыночная власть работодателей повышается, материальное положение работников ухудшается.

В качестве примера приведем «Консорциум «Научно-образовательно-производственный кластер «Ульяновск-Авиа», предприятия которого относятся к разным областям специализации: гражданское крупное и малое авиастроение, производство инновационной авионики, производство композиционных материалов для авиастроения, сервисный блок услуг для авиастроительного комплекса, сервисный блок услуг для эксплуатантов, см. [63].

При учете интересов региональных властей, которые опасаются повышения рыночного риска при специализации предприятия, расположенного в регионе, и стремятся к сохранению контроля над всей технологической цепочкой, второй вариант организации кластеров наиболее вероятен.

Разумеется, в чистом виде оба описанных варианта встречаются редко (они, скорее, рассматриваются как предельные случаи), но изменения в специализации и территориальном размещении предприятий российской наукоемкой промышленности следует рассматривать также и с точки зрения описанных здесь эффектов изменения конъюнктуры на локальных рынках труда.

## **Выводы по главе 1**

1. Переход от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевым организационным структурам, состоящим из специализированных



предприятий, позволяет существенно сократить себестоимость производства наукоемкой и высокотехнологичной продукции. Этот выигрыш может быть нивелирован высокими контрактными рисками, возникающими при выделении независимых поставщиков комплектующих изделий и производственных услуг. Согласно расчетам по данным гражданского авиастроения, если амплитуда скачков отпускных цен поставщиков составит порядка 30%, то себестоимость наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с жестким закреплением связей будет на 15-20% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства.

2. Нейтрализовать негативный эффект контрактных рисков позволяет внедрение ИТ (СALS-технологии и электронные торговые площадки), повышающие гибкость кооперационных связей. Появляется возможность формировать ВПО с переменным составом участников. Если, благодаря внедрению единой информационной среды, удастся снизить время на поиск и смену контрагента с 1,5-2 лет до нескольких месяцев, то даже при амплитуде скачков отпускных цен поставщиков порядка 100% себестоимость производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с виртуальными производственными объединениями будет оценочно на 12-16% ниже себестоимости в отрасли с предприятиями полного цикла производства, согласно расчетам по данным гражданского авиастроения.

3. С помощью разработанной модели оценки влияния реформирования организационной структуры наукоемкой промышленности на конъюнктуру локальных рынков труда показано, что при переходе к сетевым организационным структурам ставки заработной платы работников определенных профессий могут сократиться, несмотря на рост производительности труда, по причине сокращения числа потенциальных работодателей. В частности, если производительность труда в гражданском авиастроении возрастает с 600 тыс. руб./ чел.\*г до 900 тыс. руб./ чел.\*г, но вместо 10 предприятий полного цикла в отрасли будет организовано 3 специализированных производства компонент каждого вида, равнове-

ные ставки зарплаты могут сократиться с 200 тыс. руб./ чел.\*г до 138 тыс. руб./ чел.\*г.

Компенсировать сокращение числа производств каждого профиля и потенциальных работодателей при переходе к сетевой структуре позволяет концентрация однотипных производств в кластерах. Если в составе каждого кластера будут формироваться специализированные производства одного профиля, то в условиях дефицита квалифицированных специалистов, материальное положение работников может улучшиться. Если же в составе каждого кластера будут присутствовать специализированные производства разных профилей, то локальный рынок труда специалистов каждого конкретного профиля сужается. По причине низкой межрегиональной мобильности работников, затрудняется их переход на аналогичные предприятия в других регионах. Рыночная власть работодателей повышается, материальное положение работников ухудшается.

## ГЛАВА 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ В СЕТЕВЫХ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУРАХ

### 2.1. Анализ условий целесообразности смены контрагентов с учетом эффекта обучения

В моделях себестоимости, рассмотренных в главе 1 (п. 1.1.2-1.1.3), предполагалось, что при любом скачке отпускных цен на комплектующие изделия заказчик стремится найти поставщика с более низкими ценами.

На практике в случае разрыва контракта обе стороны понесут материальные потери, не ограничивающиеся транзакционными затратами. Теряются вложения в подготовку производства и накопленный опыт сотрудничества. Кроме того, смена поставщика затруднена, как по причине уже сделанных значительных вложений в освоение производства, так и по причине недостаточной гибкости оборудования, неполного перехода на цифровой формат информационного обмена и т.п. Фактически, специализированные производства комплектующих изделий приходится создавать заново в ходе технологического перевооружения, а ограниченных средств (самых предприятий и государственного бюджета) хватает лишь на создание одного такого производства. Отметим, что в реальных современных условиях в большинстве отраслей российской наукоемкой и высокотехнологичной промышленности зачастую отсутствует выбор из конкурирующих поставщиков.

В наукоемкой и высокотехнологичной промышленности опыт совместной работы может получать ощутимое экономическое выражение. Подобный пример приведен в статье [31]. Благодаря длительному сотрудничеству поставщика и заказчика по проекту Boeing 737, последний убедил производителя сменить вариант скрепления электрических кабелей с пластмассовых крепежей на липкую ленту. Экономический эффект проявился в том, что время сборки самолета сократилось на 15 часов.

Исходя из соображений ценности опыта совместной работы, можно предположить, что чем дольше период совместной работы, тем шире диапазон цен, в рамках которого партнеры предпочтут не разрывать контракт.

Скорректируем предложенные в главе 1 модели себестоимости производства наукоемкой продукции с учетом длительности совместной работы заказчика и поставщика при изменении цен. Ниже будем считать контрактные риски скачков цен, связанные с оппортунизмом поставщика или заказчика, преднамеренными и осознанными. В ранее приведенных моделях себестоимости в сетевых организационных структурах, представленных в главе 1 (п. 1.1.2-1.1.3), процессы изменения цен представлялись как случайные, что более соответствовало форс-мажорным обстоятельствам, а не целенаправленному оппортунизму.

### ***2.1.1. Модель и метод принятия заказчиком решения о смене поставщика комплектующих изделий в сетевых организационных структурах***

Для описания выявленной зависимости в данной работе строятся две экономико-математические модели, отражающие поведение заказчика и поставщика при ухудшении условий контракта со стороны партнера<sup>1</sup>.

Введем следующие условные обозначения:

$T$  - период с начала сотрудничества контрагентов до конца серийного производства комплектующих изделий данного вида;

$t$  - текущий момент времени с начала периода сотрудничества,  $t \leq T$ ;

$\tau_{см}$  - длительность смены контрагента;

$q$  - ежегодный объем закупок комплектующих изделий (предполагается постоянным в течение всего периода сотрудничества);

$FC_{зак}^{см}$  - постоянные (не зависящие от объемов закупки комплектующих изделий) затраты заказчика на смену поставщика (включая транзакционные на

---

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [12].

поиск нового поставщика и заключения с ним контракта и часть затрат на ТПП на его мощностях)<sup>1</sup>;

$FC_{пост}^{см}$  - постоянные затраты поставщика на смену заказчика;

$c_{mat}$  - средние материальные затраты на единицу комплектующих изделий (будем считать их не зависящими от выпуска);

$c_{mp}^1$  - удельные трудозатраты на выпуск первого экземпляра изделия комплектующих изделий;

$\lambda$  - темп обучения в производстве комплектующих изделий, показывающий, на какую долю сокращаются удельные трудозатраты на единицу продукции при удвоении накопленного выпуска;

$p$  - контрактная цена комплектующих изделий с начала серийного производства;

$\Delta p$  - фиксированная величина, на которую повышается контрактная цена;

$p_{lim}$  - максимальная цена, при которой заказчик может сохранить свое производство безубыточным. В случае ее превышения заказчик будет вынужден прекратить производство и, как следствие, закупку комплектующих изделий, т.е.  $p \leq p_{lim}$ .

Определим нижний предел контрактной цены, приемлемый для поставщика. Цена не может быть ниже величины минимальной средней себестоимости единицы продукции:

$$p \cdot q \cdot T \geq c_{mat} \cdot q \cdot T + c_{mp}^1 \cdot \frac{(q \cdot T)^a}{a}, \quad (2.1)$$

где  $a = 1 + \log_2(1 - \lambda)^2$ . Следовательно:

$$p \geq c_{mat} + c_{mp}^1 \cdot \frac{(q \cdot T)^{a-1}}{a}, \quad (2.2)$$

<sup>1</sup> Работы по ТПП проводятся за счет поставщика компонент, но эти затраты, в конечном счете, будут включены в отпускную цену.

<sup>2</sup> В данной модели в формуле для трудовых затрат учитывается эффект обучения, см. формулу (1.8).

то есть контрактная цена в момент начала серийного производства не может быть установлена ниже этого порога и должна покрывать материальные затраты и на оплату труда.

Рассмотрим следующую ситуацию. В текущий момент времени  $t$  поставщик объявляет заказчику о повышении отпускной цены комплектующих изделий на фиксированную величину  $\Delta p$ . Заказчик может либо продолжить сотрудничество с данным поставщиком, либо сменить его.

Оценим суммарные затраты на закупку комплектующих изделий, если заказчик продолжит закупать комплектующие у данного поставщика до конца периода серийного производства:

$$C_{\text{зак}}^{\text{б/см}} = p \cdot q \cdot t + (p + \Delta p) \cdot q \cdot (T - t); \quad t < T, \quad (2.3)$$

где «б/см» означает «без смены контрагента».

Если же заказчик меняет контрагента, то на протяжении  $\tau_{\text{см}}$  он все равно будет вынужден закупать комплектующие по более высокой цене  $p + \Delta p$  у старого поставщика. Кроме того, заказчик понесет постоянные затраты  $FC_{\text{зак}}^{\text{см}}$ , которые включают в себя транзакционные затраты, связанные с разрывом предыдущего контракта, затраты на поиск нового контрагента и заключение с ним контракта, а также часть затрат на освоение производства комплектующих изделий по новым спецификациям. Также заказчик будет вынужден закупать комплектующие у нового поставщика по цене, величина которой должна покрывать величину минимальной средней себестоимости единицы продукции последнего. С учетом вышеперечисленных факторов, суммарные затраты на закупку комплектующих при смене поставщика будут не ниже следующего уровня:

$$C_{\text{зак}}^{\text{см}} \geq p \cdot q \cdot t + (p + \Delta p) \cdot q \cdot \tau_{\text{см}} + FC_{\text{зак}}^{\text{см}} + c_{\text{мат}} \cdot q \cdot (T - t - \tau_{\text{см}}) + c_{\text{мп}}^1 \cdot \frac{[q \cdot (T - t - \tau_{\text{см}})]^a}{a}, \quad (2.4)$$

$$t < T - \tau_{\text{см}}.$$

Если прирост цены  $\Delta p$  произойдет в момент времени  $t \geq T - \tau_{\text{см}}$ , то сменить поставщика будет уже практически невозможно, поэтому затраты на закупку

комплектующих изделий будут описываться тем же выражением, что и для  $C_{зак}^{\delta/см}$ . В том случае, если суммарные затраты заказчика при смене поставщика окажутся выше, чем затраты при продолжении закупок по цене  $p + \Delta p$ , смена поставщика будет невыгодна. Исходя из этого, определим максимально допустимый для заказчика прирост цены  $\Delta p$  в момент времени  $t$ . Рассмотрим условия выполнения неравенства  $C_{зак}^{\delta/см} \leq C_{зак}^{см}$ . Оно гарантированно выполняется, если:

$$(p + \Delta p - c_{mat}) \cdot q \cdot (T - t - \tau_{см}) \leq FC_{зак}^{см} + c_{mp}^1 \cdot \frac{[q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a}{a}, \quad (2.5)$$

или

$$(\Delta p + p - c_{mat}) \leq \frac{FC_{зак}^{см}}{q \cdot (T - t - \tau_{см})} + c_{mp}^1 \cdot \frac{[q \cdot (T - t - \tau_{см})]^{a-1}}{a}. \quad (2.6)$$

Если перенести  $(p - c_{mat})$  в правую часть, то мы получим ограничение на прирост цены:

$$\Delta p \leq \Delta p_{дон}(t) = \frac{FC_{зак}^{см}}{q \cdot (T - t - \tau_{см})} + c_{mp}^1 \cdot \frac{[q \cdot (T - t - \tau_{см})]^{a-1}}{a} - (p - c_{mat}), \quad t < T - \tau_{см}. \quad (2.7)$$

Верхнюю границу отпускной цены комплектующих изделий, при которой заказчику заведомо невыгодно разрывать контракт и искать нового поставщика, обозначим  $p_{зак}^{\delta/см}(t)$ . С учетом предыдущего соотношения, верхняя граница отпускной цены будет равна:

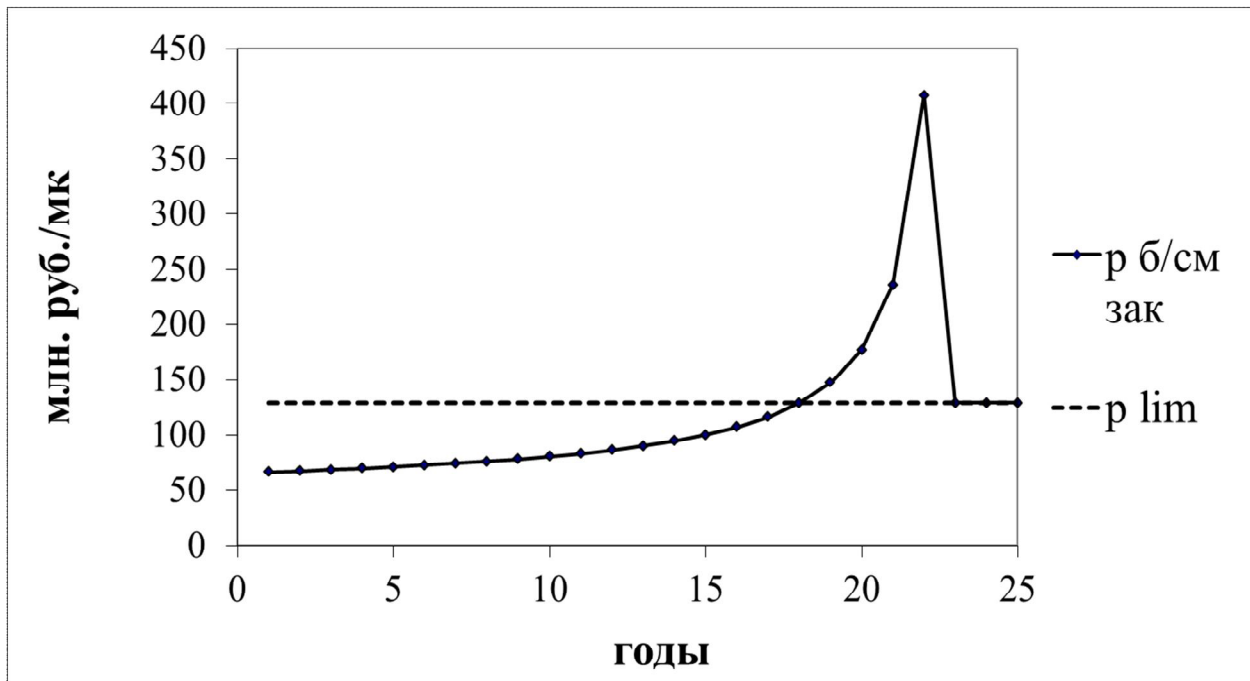
$$p_{зак}^{\delta/см}(t) = p + \Delta p_{дон}(t) = c_{mat} + \frac{FC_{зак}^{см}}{q \cdot (T - t - \tau_{см})} + c_{mp}^1 \cdot \frac{[q \cdot (T - t - \tau_{см})]^{a-1}}{a}. \quad (2.8)$$

Заметим, что со временем последние два слагаемых в правой части этого равенства возрастают, поэтому максимально допустимый для заказчика уровень отпускной цены увеличивается. Рост отпускной цены не может быть неограниченным, так как в любой момент времени отпускная цена не должна превышать порог  $p_{lim}$ . В общем случае,  $p \leq \min\{p_{lim}; p_{зак}^{\delta/см}(t)\}$ .

Для иллюстрации формул примем следующие значения параметров модели:  $T = 25$  лет;  $\tau_{см} = 2$  года;  $q = 100$  машинокомплектов (мк)/Г;  $c_{mat} = 32$  млн.

руб./мк;  $c_{mp}^1 = 160$  млн. руб./мк;  $\lambda = 20\%$ ;  $p = 64$  млн. руб./мк;  $FC_{зак}^{см} = 32$  млрд. руб. Приведенный пример является оценочным, в котором параметры изменяются в пределах, соответствующих условиям при закупке авиадвигателей в рамках одного из проектов гражданского авиастроения РФ [68].

На рис. 2.1. изображен график изменения со временем максимально приемлемой для заказчика отпускной цены  $p_{зак}^{\delta/см}(t)$ . Горизонтальной линией изображена максимальная цена, при которой заказчик может сохранить свое производство безубыточным  $p_{lim}$ , принятая в данном примере равной 128 млн. руб./мк.



**Рис. 2.1. Зависимость максимально приемлемой для заказчика отпускной цены комплектующих изделий от времени**

Можно скорректировать упрощенные модели смены поставщиков в сетевых структурах (п. 1.1.2-1.1.3). Решение о смене поставщика зависит от того, в какой момент времени от начала периода сотрудничества поступило требование о повышении отпускной цены и насколько она будет повышена. Если ска-



чок цены будет ниже допустимого для данного момента порога<sup>1</sup>:  $\Delta p \leq \Delta p_{дон}(t)$ , см. (2.7), то смена поставщика будет экономически невыгодной. Если заказчик действует рационально, т.е. проводит адаптивную закупочную стратегию и меняет поставщика лишь тогда, когда это экономически выгодно, то можно сформулировать следующее правило расчета суммарных затрат на закупку комплектующих изделий за весь период серийного производства:

$$C_{зак}^{адапт} = \begin{cases} C_{зак}^{см}; & \Delta p > \Delta p_{дон}(t); t < T - \tau_{см}, \\ C_{зак}^{б/см} & \end{cases}, \quad (2.9)$$

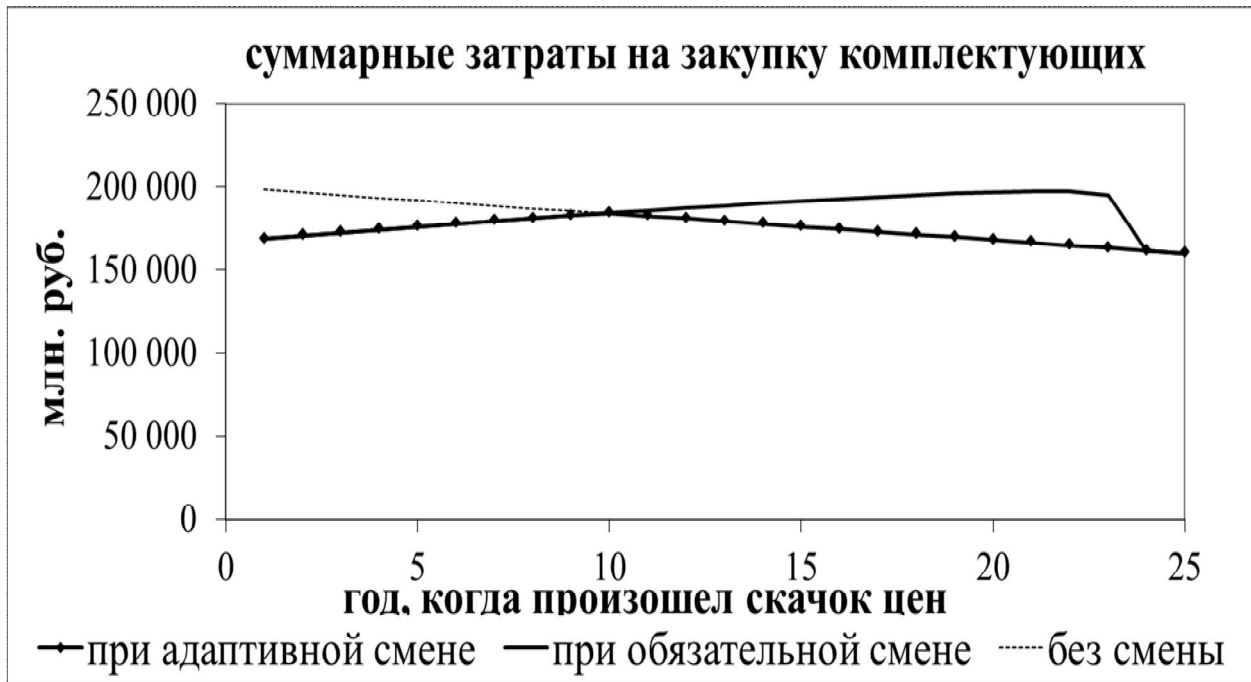
то есть  $C_{зак}^{адапт}(t) = \min \{ C_{зак}^{б/см}(t); C_{зак}^{см}(t) \}$ .

Подчеркнем, что оценка для  $C_{зак}^{см}$  является заведомо оптимистической и соответствует крайнему случаю, когда новый поставщик продает комплектующие изделия по себестоимости.

На рис. 2.2. изображены графики зависимости суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих при трех перечисленных стратегиях от момента времени  $t$  с начала периода сотрудничества, когда происходит скачок цен на  $\Delta p = 16$  млн. руб./мк. Скачки цен такой амплитуды по порядку величины соответствуют данным, приведенным в [32].

---

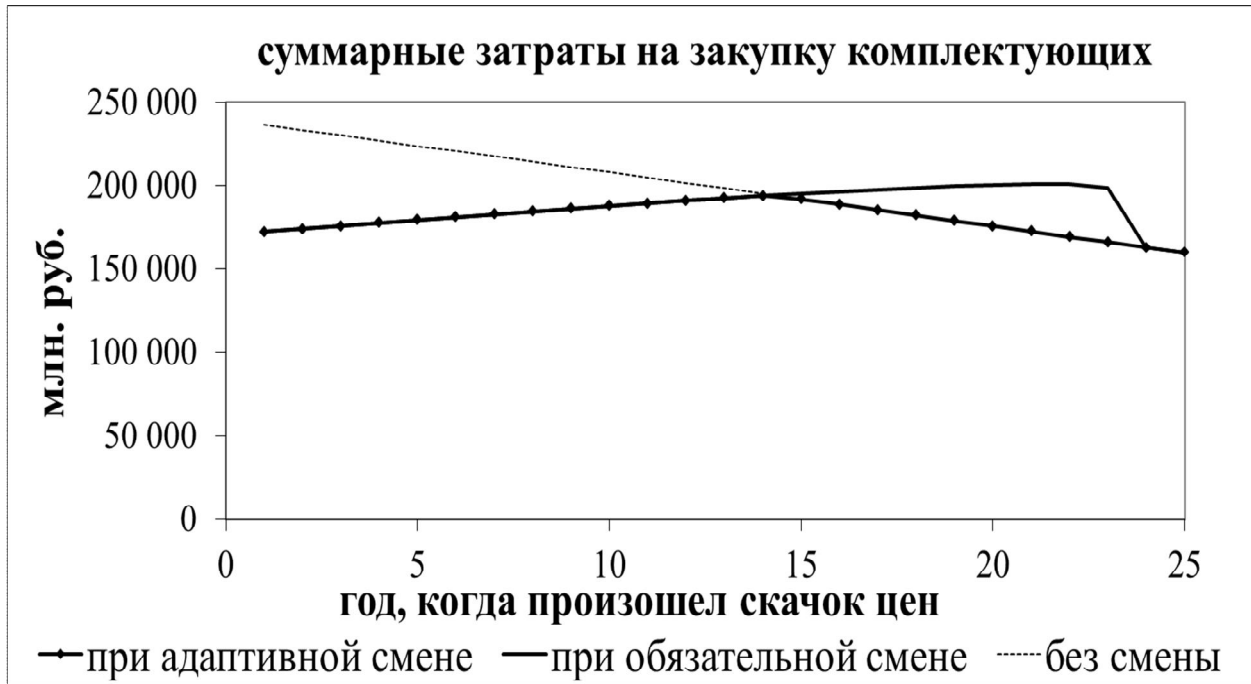
<sup>1</sup> Здесь и далее считаем, что отпускная цена не превышает порога  $p_{lim}$ .



**Рис. 2.2.** Зависимость суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих от момента скачка отпускной цены на комплектующие изделия на 16 млн. руб./мк

График, соответствующий адаптивной стратегии, является нижней огибающей графиков при обязательной смене и без смены поставщика. При  $t \geq T - \tau_{см}$  все три графика совпадают. На рис. 2.2. показано, что при скачке цен амплитудой 16 млн. руб./мк вплоть до  $t = 9$  будет выгоднее менять поставщика. В противном случае, суммарные затраты заказчика на закупку комплектующих изделий могут возрасти на 15% (если скачок цен происходит в самом начале периода сотрудничества). При  $t = 24$  смена контрагента приведет к потерям почти в 20%, будет выгоднее продолжать работу с прежним поставщиком.

В рамках того же примера, рассмотрим скачок цен большей амплитуды  $\Delta p = 32$  млн. руб./мк, см. рис. 2.3. Скачки цен такой амплитуды по порядку величины соответствуют данным, приведенным в [51].



**Рис. 2.3. Зависимость суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих от момента скачка отпускной цены на комплектующие изделия на 32 млн. руб./мк**

В этом случае заказчику выгоднее менять поставщика вплоть до  $t = 14$ , так как без смены поставщика суммарные затраты заказчика на закупку комплектующих могут возрасти на 27%. При  $t = 19$  смена контрагента приведет к потерям почти в 11%, выгоднее будет продолжать работу с прежним поставщиком. С ростом амплитуды скачка отпускной цены на комплектующие изделия период, когда смена партнера может быть выгодной, удлиняется.

Рациональная закупочная стратегия заказчика зависит от момента времени  $t$  от начала периода сотрудничества, в который происходит скачок цен, а также от его амплитуды.

В главе 1 (п. 1.1.3) были введены характерные периодичности повышения и понижения отпускных цен. В частности, предполагалось, что в течение периода длиной в среднем,  $T_{\text{низк}}$  отпускные цены на комплектующие изделия держатся на низком уровне, а затем повышаются скачкообразно на  $\Delta p$ <sup>1</sup>. Здесь бу-

<sup>1</sup> Предполагается, что высокий уровень цен будет держаться до конца периода серийного производства.

дем считать этот процесс пуассоновским, тогда интервал времени между скачками цен будет распределен по экспоненциальному закону с параметром  $\frac{1}{T_{\text{низк}}}$ .

Плотность такого распределения описывается следующей формулой:

$$f(t) = \frac{1}{T_{\text{низк}}} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\text{низк}}}}. \quad (2.10)$$

Пользуясь данной формулой, можно оценить ожидаемые значения суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих в тех случаях, когда заказчик:

- не меняет поставщика до конца периода серийного производства (стратегия «без смены контрагента»):

$$\bar{C}_{\text{зак}}^{\text{б/см}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot C_{\text{зак}}^{\text{б/см}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}; \quad (2.11)$$

- всегда меняет поставщика при повышении отпускных цен (подчеркнем, что здесь используется оптимистическая оценка суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих):

$$\bar{C}_{\text{зак}}^{\text{см}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot C_{\text{зак}}^{\text{см}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}; \quad (2.12)$$

- придерживается адаптивной стратегии:

$$\bar{C}_{\text{зак}}^{\text{адапт}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot C_{\text{зак}}^{\text{адапт}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}. \quad (2.13)$$

Сопоставление этих трех выражений позволяет оценить величину, на которую сокращаются суммарные затраты заказчика на закупку комплектующих, в случае:

- смены поставщиков:  $\frac{\bar{C}_{\text{зак}}^{\text{б/см}} - \bar{C}_{\text{зак}}^{\text{см}}}{\bar{C}_{\text{зак}}^{\text{б/см}}} \cdot 100\%$ ;

- перехода к адаптивной закупочной стратегии:

$$\frac{\min\{\bar{C}_{зак}^{\bar{b}/см}, \bar{C}_{зак}^{см}\} - \bar{C}_{зак}^{адапт}}{\min\{\bar{C}_{зак}^{\bar{b}/см}, \bar{C}_{зак}^{см}\}} \cdot 100\% .$$

Пусть характерная периодичность повышения цен составляет  $T_{низк} = 5$  лет. В рассмотренных здесь примерах при  $\Delta p = 16$  млн. руб./мк, снижение суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих при стратегии обязательной смены поставщика, по сравнению со стратегией без смены поставщика составит 8%.

Снижение суммарных затрат заказчика при адаптивной стратегии, по сравнению с наилучшим из двух вариантов (без смены и при обязательной смене поставщика при любом скачке цен), составит 1%.

При  $\Delta p = 32$  млн. руб./мк, снижение суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих при стратегии обязательной смены поставщика, по сравнению со стратегией без смены поставщика составит 20%.

Снижение суммарных затрат заказчика при адаптивной стратегии, по сравнению с наилучшим из двух вариантов (без смены и при обязательной смене поставщика при любом скачке цен), составит всего 0,4%.

Таким образом, в рассмотренных примерах влияние адаптивной закупочной стратегии на суммарные затраты заказчика на закупку комплектующих изделий оказалось сравнительно небольшим. В начале периода сотрудничества, как правило, выгодно менять поставщика при повышении отпускных цен. Партнеры еще не столь сильно «привязаны» друг к другу. «Привязанность» поставщика и заказчика друг к другу становится более значимой по прошествии нескольких лет с начала периода сотрудничества. В нашем примере скачок цен с амплитудой 16 млн. руб./мк с вероятностью 75% произойдет в течение первых 9 лет сотрудничества, что может привести к разрыву контракта. Соответственно, с вероятностью  $100\% - 75\% = 25\%$  скачок цен амплитудой 16 млн. руб./мк произойдет уже после точки невозврата ( $t > 9$  лет). Заказчик заведомо не будет менять поставщика в этом случае.

Необходимо рассматривать вероятность скачка цен в каждый год периода сотрудничества. Каждый раз скачок цен будет заставлять заказчика принимать решения: менять поставщика или нет. Эти расчеты можно выполнить в рамках имитационного моделирования.

Скачок цен амплитудой 32 млн. руб./мк с вероятностью 85% произойдет в течение первых 14 лет, что приведет к разрыву контракта. Соответственно, с вероятностью  $100\% - 85\% = 15\%$  скачок цен амплитудой 32 млн. руб./мк произойдет уже после точки невозврата ( $t > 14$  лет). В этом случае заказчик не будет менять поставщика.

Решение заказчика о смене поставщика может отрицательно сказаться не только на экономическом положении поставщика, но и на положении самого заказчика, поэтому оба типа контрагентов в долгосрочной перспективе заинтересованы в совместной работе, см. например [49].

### ***2.1.2. Модель и метод принятия поставщиком решения о смене заказчика в сетевых организационных структурах***

В предыдущем разделе смена партнера рассматривалась только со стороны заказчика, подверженного риску оппортунистического поведения поставщика комплектующих изделий. Существует и риск оппортунизма заказчика, который может в одностороннем порядке потребовать от поставщика снизить отпускную цену на  $\Delta p$  в определенный момент времени  $t \leq T$ .

Рассмотрим решение аналогичной проблемы для поставщика комплектующих изделий: продолжить ли ему поставлять комплектующих прежнему заказчику по более низким отпускным ценам или сменить заказчика, попытавшись найти нового<sup>1</sup>. Если скачок цен происходит в момент  $t \geq T - \tau_{см}$ , то найти нового заказчика и освоить производство комплектующих по его спецификациям не представляется возможным. В этой ситуации снижение отпускных цен может сделать экономически невыгодным продолжение поставок комплектую-

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [12].

щих изделий. Следует оценить, не будет ли более экономически выгодно прекратить производство. Для эффективной работы поставщика в любой момент времени должно выполняться следующие условие:

$$(p - \Delta p) \cdot q \cdot (T - t) \geq c_{\text{mat}} \cdot q \cdot (T - t) + \frac{c_{\text{mp}}^1}{a} \cdot \left[ (q \cdot T)^a - (q \cdot t)^a \right], \quad (2.14)$$

или

$$p - \Delta p \geq p_{\text{пост}}^{\text{продолж}}(t) = c_{\text{mat}} + \frac{c_{\text{mp}}^1}{a} \cdot \frac{(q \cdot T)^a - (q \cdot t)^a}{q \cdot (T - t)}. \quad (2.15)$$

То есть сократившаяся выручка за оставшийся период должна, по меньшей мере, покрывать прямые производственные затраты поставщика: материальные и на оплату труда.

Если это условие выполнено, то поставщик должен принять решение: продолжать поставки прежнему заказчику или попытаться сменить его. Будем исходить из той же логики, что и при построении модели принятия решения заказчиком.

Суммарная прибыль поставщика комплектующих изделий до конца периода серийного производства в том случае, если он принял в момент  $t \leq T$  предложение заказчика снизить отпускную цену на  $\Delta p$ , уменьшится и составит:

$$P_{\text{пост}}^{\delta/\text{см}} = p \cdot q \cdot t + (p - \Delta p) \cdot q \cdot (T - t) - c_{\text{mat}} \cdot q \cdot T - \frac{c_{\text{mp}}^1}{a} \cdot (q \cdot T)^a. \quad (2.16)$$

Предположим, что при принятии решения о смене заказчика поставщик прекратит производство комплектующих изделий, поскольку на тех же мощностях необходимо будет начинать ТПП по спецификациям нового контрагента. Поставки комплектующих будут возобновлены, в лучшем случае, лишь через  $\tau_{\text{см}}$ . Пусть новый заказчик будет готов платить за единицу продукции максимально приемлемую для себя цену по условию безубыточности  $p_{\text{lim}}$ . Обозначим  $FC_{\text{пост}}^{\text{см}}$  постоянные затраты поставщика при смене заказчика. Они включают в себя транзакционные затраты на разрыв предыдущего контракта, поиск нового контрагента и заключение с ним контракта, а также затраты на освоение производства комплектующих изделий по новым спецификациям. Таким образом,

суммарная прибыль поставщика при смене контрагента будет не выше определенного уровня:

$$\begin{aligned} \Pi_{пост}^{см} \leq p \cdot q \cdot t + p_{\text{lim}} \cdot q \cdot (T - t - \tau_{см}) - FC_{пост}^{см} - \\ - c_{\text{мам}} \cdot q \cdot (T - \tau_{см}) - \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot (q \cdot t)^a - \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot [q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a. \end{aligned} \quad (2.17)$$

Смена заказчика будет невыгодна поставщику комплектующих изделий, если  $\Pi_{пост}^{см} \leq \Pi_{пост}^{\delta/см}$ .

Данное неравенство гарантированно выполняется, если:

$$\begin{aligned} p_{\text{lim}} \cdot q \cdot (T - t - \tau_{см}) - FC_{пост}^{см} - c_{\text{мам}} \cdot q \cdot (T - \tau_{см}) - \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot (q \cdot t)^a - \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot [q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a \leq \\ \leq (p - \Delta p) \cdot q \cdot (T - t) - c_{\text{мам}} \cdot q \cdot T - \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot (q \cdot T)^a \end{aligned} \quad (2.18)$$

или

$$\begin{aligned} (p_{\text{lim}} - p + \Delta p) \cdot q \cdot (T - t) - FC_{пост}^{см} \leq \\ \leq (p_{\text{lim}} - c_{\text{мам}}) \cdot q \cdot \tau_{см} + \frac{c_{mp}^1}{a} \cdot \left\{ (q \cdot t)^a + [q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a - (q \cdot T)^a \right\}. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Это позволяет получить граничное значение для сокращения отпускной цены  $\Delta p$  в момент  $t \leq T$ , при котором поставщик гарантированно не заинтересован в смене заказчика:

$$\begin{aligned} p - \Delta p \geq p_{пост}^{\delta/см}(t) = p_{\text{lim}} \cdot \frac{T - t - \tau_{см}}{T - t} + c_{\text{мам}} \cdot \frac{\tau_{см}}{T - t} - \frac{FC_{пост}^{см}}{q \cdot (T - t)} - \\ - \frac{c_{mp}^1}{a \cdot q \cdot (T - t)} \cdot \left\{ (q \cdot t)^a + [q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a - (q \cdot T)^a \right\}. \end{aligned} \quad (2.20)$$

Поскольку  $\left[ \frac{FC_{пост}^{см}}{q \cdot (T - t)} \right]$  и  $\left[ \frac{c_{mp}^1}{a \cdot q \cdot (T - t)} \cdot \left\{ (q \cdot t)^a + [q \cdot (T - t - \tau_{см})]^a - (q \cdot T)^a \right\} \right]$  со

временем возрастают, то минимально приемлемая для поставщика отпускная цена, при которой поставщику заведомо невыгодно менять заказчика  $p_{пост}^{\delta/см}(t)$  сокращается.

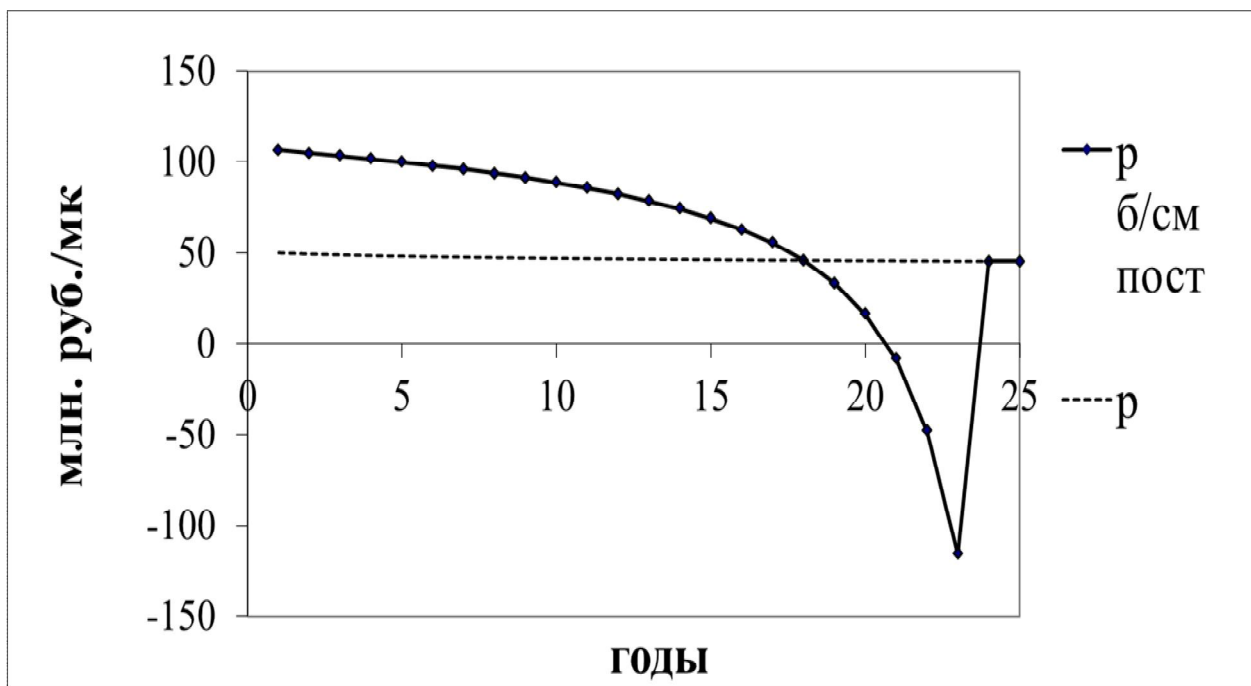
Для того чтобы поставщик мог продолжать безубыточное производство, отпускная цена должна быть не ниже следующего порога:



$p_{пост}^{продолж}(t) = c_{mat} + \frac{c_{mp}^1}{a \cdot q \cdot (T-t)} \cdot [(q \cdot T)^a - (q \cdot t)^a]$ , см. (2.15). Второе слагаемое в правой

части этого выражения, соответствующее трудовым затратам, со временем сокращается. Это означает, что цена, при которой продолжение поставок комплектующих изделий будет безубыточно, снижается по мере приближения к концу периода серийного производства.

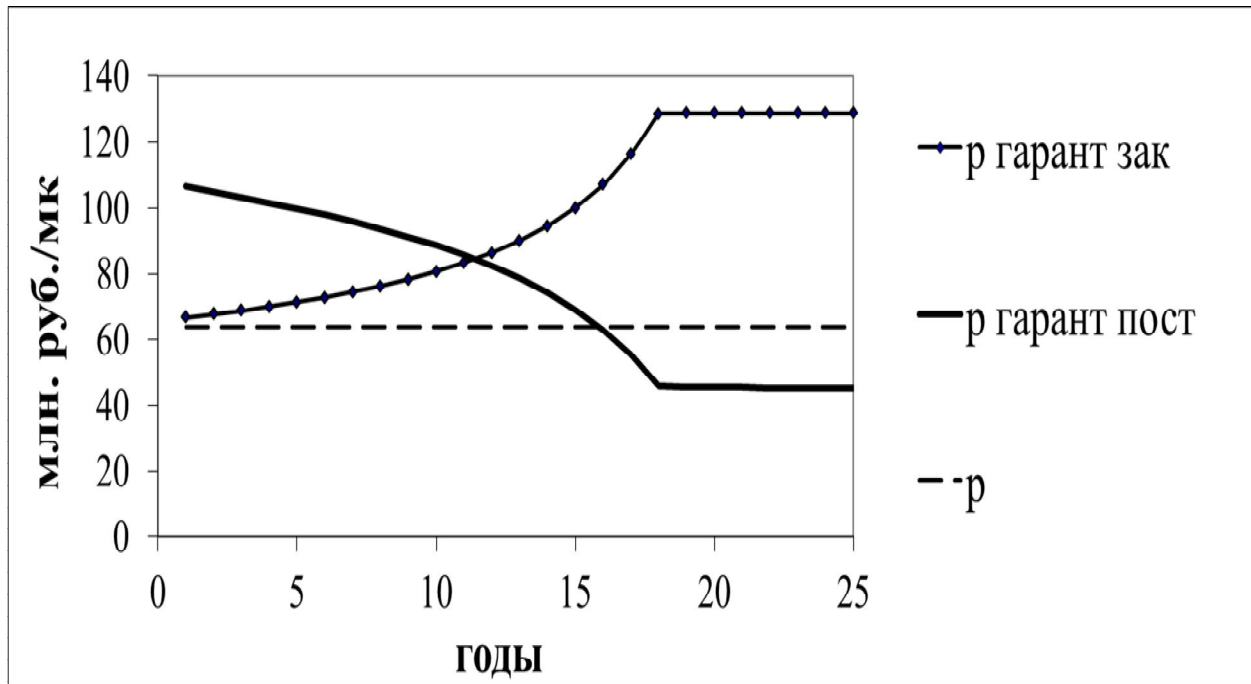
В рамках рассмотренного выше числового примера, приняв  $FC_{пост}^{см} = 32$  млрд. руб., построим график изменения со временем минимально приемлемой для поставщика отпускной цены на комплектующие изделия, см. рис. 2.4.



**Рис. 2.4. Зависимость минимально приемлемой для поставщика отпускной цены комплектующих изделий от времени**

Таким образом, со временем расширяется диапазон цен, в рамках которого партнеры предпочтут не разрывать контракт. Назовем его «коридором цен безнаказанного оппортунизма» или «коридором гарантирующих цен», внутри которого контрагентам заведомо невыгодно менять партнера или прекращать закупки/поставки комплектующих изделий, см. рис. 2.5. Его можно построить, совмещая данные для верхней и нижней границы отпускных цен, представленных на графиках рис. 2.1. и 2.4. При нахождении цены внутри этого коридора

отношения поставщика и заказчика комплектующих изделий становятся долгосрочными. Такие рыночные механизмы, способствующие фактической интеграции партнеров, и обеспечивают устойчивость ВПО и интегрированных структур, которые целенаправленно создаются в российской наукоемкой промышленности, см. [52].



**Рис. 2.5.** «Коридор гарантирующих цен» (пример)

С одной стороны, если поставщик потребует повысить в любой момент времени  $t$  цену в пределах верхней границы этого коридора, определяемой выражением  $p_{\text{зак}}^{\text{гарант}}(t) = \min\{p_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}(t); p_{\text{lim}}\}$ , заказчику выгоднее согласиться на это предложение. С другой стороны, если заказчик в любой момент времени  $t$  потребует снизить цену в пределах нижней границы данного коридора, определяемой выражением  $p_{\text{пост}}^{\text{гарант}}(t) = \max\{p_{\text{пост}}^{\delta/\text{см}}(t); p_{\text{пост}}^{\text{продолж}}(t)\}$ , поставщику будет невыгодно разрывать контракт с этим заказчиком. Как показано в примере на рис. 2.5., начальная цена может не входит в «коридор гарантирующих цен»  $p < p_{\text{пост}}^{\text{гарант}}(t)$  и/или  $p > p_{\text{зак}}^{\text{гарант}}(t)$ . Коридор может представлять собой пустое множество  $p_{\text{зак}}^{\text{гарант}}(t) < p_{\text{пост}}^{\text{гарант}}(t)$ , особенно в начальный период взаимодействия. Это означает, что одна (в приведенном примере поставщик) или обе стороны имеют потенци-

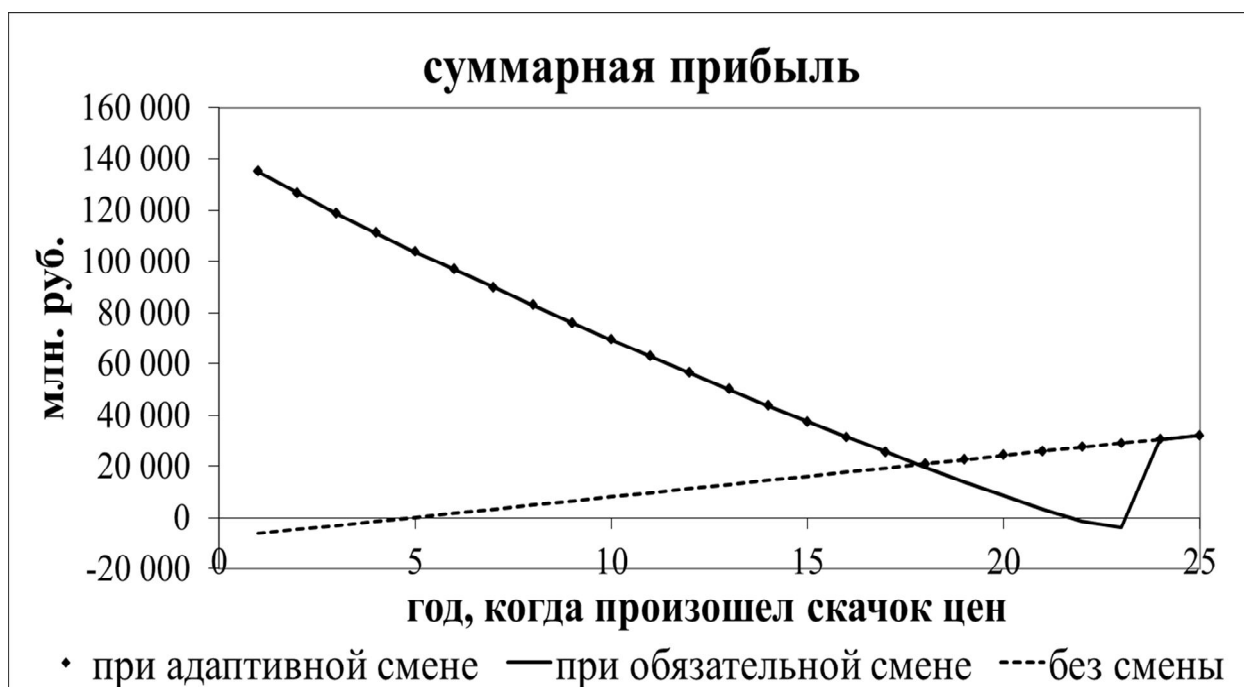
альные возможности (но не гарантии) улучшения своего положения, если разорвут контракт и попытаются найти более выгодного партнера. Со временем нижняя граница коридора цен снижается, а верхняя возрастает, по крайней мере, до уровня  $p_{\text{lim}}$ . Если в течение периода серийного производства изделий соотношение между верхней и нижней границами станет «нормальным», т.е.  $p_{\text{зак}}^{\text{гарант}}(t) > p_{\text{пост}}^{\text{гарант}}(t)$ , то стороны смогут договариваться об изменении цены внутри данного коридора. Разрыва контракта не последует, несмотря на скачки отпускных цен.

По аналогии с моделью поведения заказчика, можно оценить значения суммарной прибыли поставщика, в случае поступления требования снизить цену комплектующих изделий на  $\Delta p$ . Рационально действующий поставщик выберет адаптивную стратегию: если в данный момент времени экономически выгоднее согласиться на предлагаемое снижение цены, он продолжит поставки прежнему заказчику, в противном случае начнет искать нового.

Суммарная прибыль при адаптивной стратегии выражается следующей формулой:

$$\Pi_{\text{пост}}^{\text{адапт}}(t) = \{ \Pi_{\text{пост}}^{\text{см}}(t); \Pi_{\text{пост}}^{\text{б/см}}(t) \}. \quad (2.21)$$

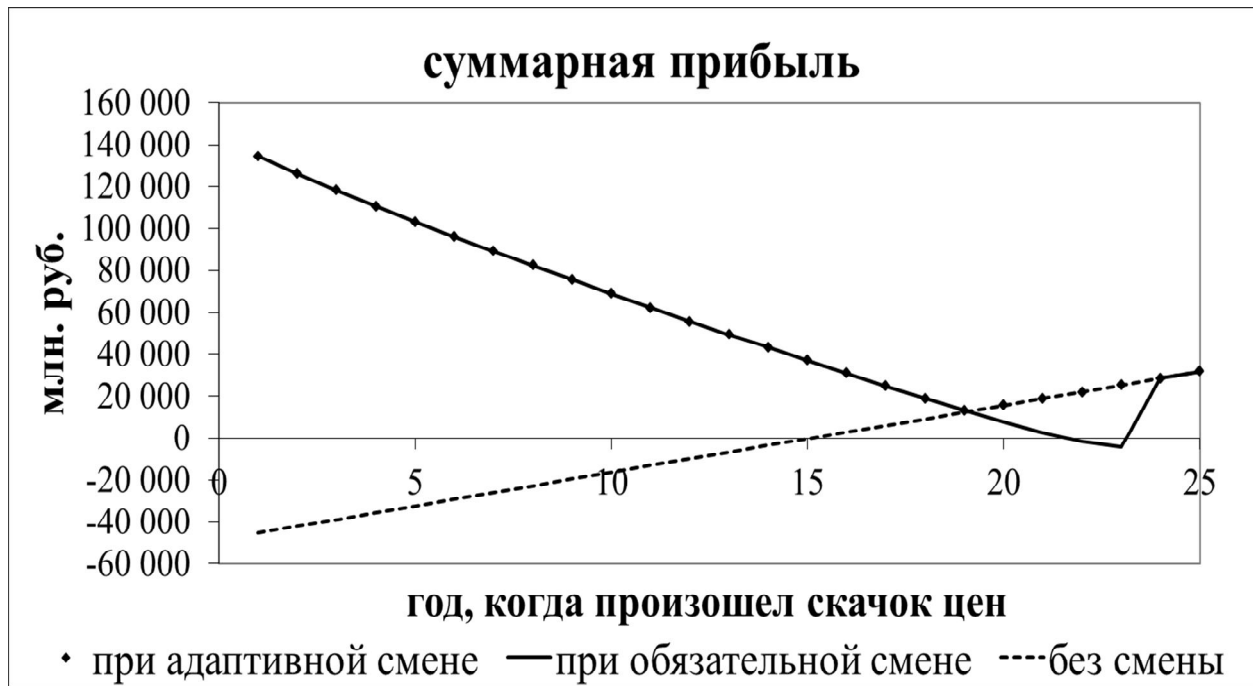
На рис. 2.6. изображены графики зависимости суммарной прибыли поставщика от момента времени  $t$ , когда происходит снижение отпускной цены на  $\Delta p = 16$  млн. руб./мк.



**Рис. 2.6. Зависимость суммарной прибыли поставщика от момента снижения отпускной цены на комплектующие изделия на 16 млн. руб./мк**

Если скачок цен происходит в первые 4 года периода сотрудничества, то суммарная прибыль поставщика комплектующих может упасть с 134 млрд. руб. до отрицательных величин. Поставщику комплектующих изделий выгоднее менять заказчика вплоть до  $t = 17$ . Начиная с  $t = 17$ , смена заказчика становится неэффективной. При  $t = 21-22$  она приведет к падению суммарной прибыли до отрицательных величин. График, соответствующий адаптивной стратегии, является верхней огибающей графиков при обязательной смене и без смены заказчика.

В рамках того же примера, рассмотрим скачок цен амплитудой  $\Delta p = 32$  млн. руб./мк, см. рис. 2.7. Скачки цен такой амплитуды по порядку величины соответствуют данным, приведенным в [68].



**Рис. 2.7. Зависимость суммарной прибыли поставщика от момента снижения отпускной цены на комплектующие изделия на 32 млн. руб./мк**

Если скачок цен происходит в первые 15 лет периода сотрудничества, то суммарная прибыль поставщика при продолжении поставок по сниженной цене станет отрицательной. Поставщику комплектующих изделий выгоднее менять заказчика вплоть до  $t = 19$ . Начиная с  $t = 20$ , смена заказчика становится неэффективной. При  $t = 21-22$  она приведет к падению суммарной прибыли до отрицательных величин. С ростом амплитуды отпускной цены комплектующих изделий период, когда смена партнера может быть выгодной, удлиняется. Как для заказчика, так и для поставщика оптимальная стратегия зависит от момента времени изменения отпускной цены.

В модели себестоимости, приведенной в главе 1 (п. 1.1.3), были введены характерные периодичности повышения и понижения отпускных цен. В частности, предполагалось, что в течение периода длиной, в среднем,  $T_{\text{выс}}$  отпускные цены на комплектующие изделия держатся на высоком уровне. Если считать этот процесс пуассоновским, тогда интервал времени между скачками цен

распределен по экспоненциальному закону с параметром  $\frac{1}{T_{\text{выс}}}$ . Плотность такого распределения описывается следующей формулой:

$$f(t) = \frac{1}{T_{\text{выс}}} \cdot e^{-\frac{t}{T_{\text{выс}}}}. \quad (2.22)$$

Пользуясь этим выражением, можно оценить ожидаемые значения суммарной прибыли поставщика комплектующих изделий в случаях, когда поставщик:

- не меняет заказчика до конца периода серийного производства:

$$\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot \Pi_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}; \quad (2.23)$$

- всегда меняет заказчика при повышении отпускных цен:

$$\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{см}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot \Pi_{\text{зак}}^{\text{см}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}; \quad (2.24)$$

- придерживается адаптивной стратегии:

$$\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{адапт}} = \frac{\int_0^T f(t) \cdot \Pi_{\text{зак}}^{\text{адапт}}(t) dt}{\int_0^T f(t) dt}. \quad (2.25)$$

Сопоставление этих трех выражений позволяет оценить величину, на которую увеличится суммарная прибыль поставщика, в случае:

- смены заказчика:  $\frac{\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{см}} - \bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}}{\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}} \cdot 100\%$ ;
- перехода к адаптивной стратегии:  $\frac{\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{адапт}} - \max\{\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}, \bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{см}}\}}{\max\{\bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\delta/\text{см}}, \bar{\Pi}_{\text{зак}}^{\text{см}}\}} \cdot 100\%$ .

Пусть характерная периодичность скачков цен составляет  $T_{\text{выс}} = 5$  лет. В рассмотренном примере при  $\Delta p = 16$  млн. руб./мк стратегия обязательной смены заказчика позволит поставщику получить суммарную прибыль порядка 94

млрд. руб. Стратегия продолжения поставок по сниженной цене обеспечит ожидаемую суммарную прибыль на уровне, всего лишь 1 млрд. руб. Переход к адаптивной стратегии смены заказчика позволит поставщику увеличить суммарную прибыль, относительно прибыли, полученной при стратегии обязательной смены контрагента при каждом скачке цен, только на 0,33%.

При  $\Delta p = 32$  млн. руб./мк стратегия обязательной смены заказчика позволит поставщику получить суммарную прибыль порядка 95 млрд. руб. Продолжение поставок по сниженной цене приведет к отрицательной ожидаемой суммарной прибыли, то есть к убыткам. Переход к адаптивной стратегии смены заказчика позволит увеличить прибыль лишь на 0,21% при каждом скачке цен (относительно прибыли, полученной при стратегии обязательной смены контрагента).

В приведенных примерах учет фактора «привязанности» поставщика к заказчику незначительно повлиял на оценку эффективности смены партнера, так как эта «привязанность» возникает позже, чем произойдет скачок отпускных цен.

В данном примере скачок цен амплитудой 16 млн. руб./мк с вероятностью 87% произойдет в течение первых 17 лет, что приведет к разрыву контракта. Соответственно, с вероятностью  $100\% - 87\% = 13\%$ , скачок цен амплитудой 16 млн. руб./мк произойдет, уже после точки невозврата ( $t > 17$  лет). Поставщик не будет менять заказчика в этом случае. Пусть первый скачок произойдет в один из первых 17 лет, а поставщик примет решение найти нового заказчика. За оставшееся до конца серийного производства время может произойти новый скачок цен. Каждый раз скачок цен будет заставлять поставщика принимать решения: менять заказчика или нет.

Скачок цен с амплитудой 32 млн. руб./мк с вероятностью 88% произойдет в течение первых 19 лет, что приведет к разрыву контракта. Соответственно, с вероятностью  $100\% - 88\% = 12\%$  скачок цен амплитудой 32 млн. руб./мк произойдет уже после точки невозврата ( $t > 19$  лет). В данном случае поставщик не будет менять заказчика.

В рассмотренном здесь примере поставщик изначально поставлен в весьма невыгодные условия. Начальная цена комплектующих изделий очень близка к минимальной цене, при которой производство будет безубыточным. Поставщик, в рамках данного примера, обладает весьма низкой «привязанностью» к заказчику, см. рис. 2.5.

Оценки экономической эффективности гибкой смены контрагентов, полученные в главе 1, на первый взгляд, не требуют существенной коррекции. В предложенных здесь моделях смены контрагентов использовались предельные оценки суммарных затрат заказчика на закупку комплектующих и суммарной прибыли поставщика. Предполагалось, что удастся найти новых партнеров, согласных, соответственно, продавать комплектующие по себестоимости и приобретать их по максимально приемлемой для заказчика цене, позволяющей ему сохранить безубыточность производства. Рассмотрим более реалистичную ситуацию: новый партнер предложит такую же цену  $p$ , которая изначально была установлена в предыдущем контракте. «Толерантность» поставщиков и заказчиков в отношении требований партнера повысится. Для заданных амплитуд изменения цены момент, когда смена партнера станет заведомо невыгодной, наступит значительно раньше. Партнеры будут существенно чаще принимать решение о продолжении контракта и существенно реже о смене партнера.

Учет всех вышеприведенных соображений приведет к тому, что смена партнеров в ВПО будет происходить реже, чем предсказывала упрощенная модель в п. 1.1.3, а ожидаемая себестоимость производства и стоимость приобретения комплектующих изделий окажутся ниже, чем в исходной модели, поскольку не будет заведомо неэффективной смены партнеров.

## **2.2. Определение условий взаимовыгодного совместного размещения заказов на комплектующие изделия на одном специализированном предприятии конкурирующими системными интеграторами**

В сетевых организационных структурах взаимодействие предприятий не сводится лишь к прямой конкуренции или кооперации, становятся возможны



более сложные варианты сотрудничества. Процессы взаимодействия системных интеграторов и специализированных производителей комплектующих изделий, не сводящиеся к конкуренции и кооперации, в работах [36,37] было предложено называть *коокуренцией* и *конкоперацией*.

Работы Г.В. Колесника посвящены анализу производственных систем с распределенными правами собственности, см., например, [46,47]. На примере модели дуополии Курно рассматривается ситуация, когда единоличный владелец одной фирмы, приобретая частичный контроль над второй фирмой, стремится ограничить ее выпуск, что способствует повышению цены продукции и прибыли первой фирмы, принадлежащей ему полностью. Актуален анализ таких рисков и с позиций национальной безопасности [35].

Ниже будет рассматриваться модель взаимодействия системных интеграторов, конкурирующих на рынке финальной продукции при закупке комплектующих у одних и тех же поставщиков.

Предлагаемый метод обоснования стратегии системных интеграторов при совместном размещении заказов на комплектующие изделия на одном специализированном предприятии учитывает, в отличие от известных, возможность воздействия одного системного интегратора на других посредством контроля над поставщиком комплектующих.

### ***2.2.1. Модель взаимодействия системных интеграторов на рынках комплектующих изделий***

В данном разделе стоит уделить особое внимание описанной выше проблеме: вытеснение одним системным интегратором других из совместной закупки комплектующих изделий, с применением административных рычагов. Системный интегратор может устранить конкурента на рынке финальной продукции или затруднить ему работу, заставляя производить необходимые комплектующие изделия отдельно или закупать их по более высокой цене. На первый взгляд, более «политически сильный» системный интегратор поступает рационально, препятствуя выпуску комплектующих изделий для других систем-

ных интеграторов на тех же специализированных производствах, на которых он их сам закупает. Тем не менее, в сетевых структурах такое поведение системного интегратора не всегда выигрышно.

Необходимо учитывать, что при вытеснении конкурентов, сокращаются общие объемы выпуска комплектующих на соответствующих специализированных производствах, что повышает их стоимость для данного системного интегратора. При совместной закупке комплектующих изделий системные интеграторы могут получать обоюдный выигрыш, проявляющийся в снижении отпускной цены.

Взаимодействие системных интеграторов можно представить как биматричную игру с непротивоположными интересами<sup>1</sup>. Обозначим игроков индексами  $I = A, B$ , где  $A$  – более «политически сильный» («ведущий») системный интегратор, способный блокировать выпуск комплектующих изделий данного вида для системного интегратора  $B$  на том же специализированном производстве, где он сам закупает эти комплектующие. У игрока  $A$  две стратегии: «мешать» своему конкуренту  $B$  (предположим, что это не требует от игрока  $A$  дополнительных затрат) или «не мешать». Обозначим стратегии игрока  $A$  индексом  $i$ , принимающим значения, соответственно, «разд» и «совм» (т.е. раздельная или совместная закупка комплектующих изделий). У игрока  $B$ , в свою очередь, также две стратегии: остаться или уйти с рынка. Обозначим их индексом  $j$ , принимающим значения, соответственно, «+» и «-». Целевыми функциями системных интеграторов будем считать значения прибыли от реализации финальных изделий за весь ЖЦ данного поколения изделий. Прибыль равна разности выручки ( $R$ ) и суммарных затрат ( $TC$ ):

$$\Pi = R - TC, \quad (2.26)$$

где выручка, при неизменной в течение ЖЦ цене  $p$ , определяется выражением

$$R = p \cdot Q \quad (2.27)$$

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [9].

( $Q$  – объем продаж изделий за ЖЦ данного поколения изделий).

Суммарные затраты ( $TC$ ) складываются из постоянных ( $FC$ ) и переменных ( $VC(Q)$ ) затрат:

$$TC = FC + VC(Q). \quad (2.28)$$

В общем случае, все переменные, присутствующие в формуле прибыли, могут принимать различные значения для каждого из игроков (нижний индекс) и каждого сочетания их стратегий (верхние индексы):

$$\Pi_I^{i,j} = R_I^{i,j} - FC_I^{i,j} - VC_I^{i,j}(Q_I^{i,j}), \quad (2.29)$$

$I = A, B$ ;  $i = \text{«разд»}, \text{«совм»}$ ;  $j = \text{«+»}, \text{«-»}$ .

Следует более детально определить влияние совместной или отдельной закупки комплектующих изделий на себестоимость их выпуска. Будем считать средние переменные затраты производителя комплектующих изделий неизменными, то есть не будем учитывать: возможности перехода при больших масштабах выпуска к более эффективным технологиям, эффект обучения и подобные эффекты, позволяющие с ростом объемов производства снизить переменные затраты. Данные условия означают единственность и линейность технологии производства комплектующих изделий данного вида.

При переходе к отдельной закупке комплектующих предельные затраты игрока  $B$  не изменятся, так как технология производства этих комплектующих изделий единственна и линейна. Оптимальный выпуск игрока  $B$  также не изменится, за исключением того случая, когда прибыль игрока  $B$  станет отрицательной и он вообще уйдет с рынка, т.е. если  $MC_B^{\text{разд,+}} = MC_B^{\text{совм,+}}$ . Тогда:

$$Q_B^{\text{разд,+}} = Q_B^{\text{совм,+}}, \text{ при } \Pi_B^{\text{разд,+}} > 0 \quad (2.30)$$

(при  $\Pi_B^{\text{разд,+}} \leq 0$  игрок  $B$  предпочтет уйти с рынка, т.е.  $Q_B^{\text{разд,-}} \equiv 0$ ).

Можно утверждать, что игроку  $A$  невыгодно вытеснить конкурента из совместной закупки комплектующих, поскольку его выручка не возрастет, а затраты увеличатся, при условии, что игрок  $B$  останется на рынке:

$$R_A^{\text{разд,+}} = R_A^{\text{совм,+}} \text{ (т.к. } Q_B^{\text{разд,+}} = Q_B^{\text{совм,+}} \text{ и поэтому } Q_A^{\text{разд,+}} = Q_A^{\text{совм,+}}); \quad (2.31)$$

$$TC_A^{\text{разд,+}} > TC_A^{\text{совм,+}} \text{ (т.к. } VC_A^{\text{разд,+}} = VC_A^{\text{совм,+}}, \text{ но } FC_A^{\text{разд,+}} > FC_A^{\text{совм,+}}); \quad (2.32)$$

$$\Rightarrow \Pi_A^{разд,+} < \Pi_A^{совм,+} . \quad (2.33)$$

Поскольку сумма постоянных затрат поставщика комплектующих изделий неизменна, то при совместной закупке комплектующих у данного поставщика эти затраты покрываются выплатами обоих системных интеграторов, а при вытеснении только одним.

«Эгоистическая» политика системного интегратора  $A$  заведомо неэффективна, если только вытесненный им из совместной закупки комплектующих изделий конкурент  $B$  не покинет рынок.

Даже если игрок  $B$  покинет рынок, то целесообразность его вытеснения нуждается в дальнейшем анализе, что будет рассмотрено ниже.

### ***2.2.2. Разработка рекомендаций по размещению заказов на комплектующие изделия с учетом конкуренции системных интеграторов***

В общем случае для выбора оптимальной стратегии поведения на рынке комплектующих изделий более «политически сильному» игроку  $A$  необходимо сравнить следующие изменения выручки и затрат:

$$\Delta R_A^{разд,-} = R_A^{разд,-}(Q_A^{разд,-}) - R_A^{совм,+}(Q_A^{совм,+}) \quad (2.34)$$

$$\text{и } \Delta TC_A^{разд,-} = TC_A^{разд,-}(Q_A^{разд,-}) - TC_A^{совм,+}(Q_A^{совм,+}), \text{ при } \Pi_B^{разд,+} \leq 0; \quad (2.35)$$

$$\Delta R_A^{разд,+} = R_A^{разд,+}(Q_A^{разд,+}) - R_A^{совм,+}(Q_A^{совм,+}) \quad (2.36)$$

$$\text{и } \Delta TC_A^{разд,+} = TC_A^{разд,+}(Q_A^{разд,+}) - TC_A^{совм,+}(Q_A^{совм,+}), \text{ при } \Pi_B^{разд,+} > 0. \quad (2.37)$$

Наименее определенной величиной в этих выражениях является возможное изменение выручки игрока  $A$  при вытеснении игрока  $B$  в зависимости от того, покинет ли он рынок или продолжит работу.

В таблице 2.1. систематизированы влияния параметров модели на изменение выручки и затрат системного интегратора  $A$  в том случае, если он вытеснит конкурента из совместной закупки комплектующих изделий Стрелка, направленная вверх, означает, что увеличение данного параметра приводит к повышению соответствующей величины, вниз – к уменьшению, прочерк означает отсутствие влияния.

**Таблица 2.1. Влияние параметров модели на изменение выручки и затрат «ведущего» системного интегратора**

Параметр	Расшифровка параметра	Изменение параметра	Прирост выручки игрока А	Прирост издержек игрока А
$\varepsilon_{p_B}^{Q_A}$	Перекрестная эластичность спроса	↑	↑	—
$\alpha_A$	Доля игрока А на рынке финальных изделий	↑	↓	—
$\alpha_B$	Доля игрока В на рынке финальных изделий	↑	↑	—
$\beta_A$	Доля закупок А в общем объеме выпуска комплектующих	↑	—	↓
$\beta_B$	Доля закупок В в общем объеме выпуска комплектующих	↑	↓	↑
$\delta_A$	Доля затрат А на закупку комплектующих в структуре себестоимости финальных изделий А	↑	—	↑
$\delta_B$	Доля затрат В на закупку комплектующих в структуре себестоимости финальных изделий В	↑	↑	—
$\gamma$	Степень технологической общности комплектующих	↑	—	↑

1. Чем выше перекрестная эластичность спроса  $\varepsilon_{p_B}^{Q_A}$ , тем значительнее будет прирост выручки игрока А по сравнению с его первоначальной выручкой при совместной закупке комплектующих изделий. Перекрестная эластичность  $\varepsilon_{p_B}^{Q_A}$  показывает, на сколько процентов возрастет спрос на продукцию фирмы А, если изделия фирмы В подорожают на 1%. Поскольку финальные изделия конкурентов считаются взаимозаменяемыми, перекрестная эластичность положительна.

2. Чем выше  $\alpha_A$  доля игрока А на рынке финальных изделий и ниже доля вытесняемого игрока В, тем меньше будет прирост выручки игрока А.

3. Чем выше  $\alpha_B$  доля игрока В на рынке финальных изделий, тем больше будет прирост выручки игрока А.

4. Чем выше  $\beta_A$  доля закупок игрока А в общем объеме выпускаемых комплектующих изделий, тем меньше будет прирост его затрат.

5. Чем выше  $\beta_B$  доля закупок игрока  $B$  в общем объеме выпускаемых комплектующих изделий, тем меньше будет прирост выручки  $A$ , и больше прирост его затрат.

6. Чем выше  $\delta_A$  доля затрат  $A$  на закупку комплектующих изделий в структуре себестоимости финальных изделий, тем выше будет прирост его затрат.

7. Чем выше  $\delta_B$  доля затрат  $B$  на закупку комплектующих изделий в структуре себестоимости финальных изделий  $B$ , тем выше будет прирост выручки игрока  $A$ .

8. Чем выше степень технологической общности  $\gamma$ , тем больше прирост затрат игрока  $A$ .

Заметим, что некоторые факторы, например доля стоимости комплектующих изделий данного вида в стоимости финальных изделий, доли конкурентов в общем объеме закупок на рынке комплектующих изделий данного вида, оказывают влияние как на изменение выручки игрока  $A$  при вытеснении конкурентов, так и на изменение его затрат.

В тех случаях, когда это изменение является однонаправленным, без количественных оценок нельзя определенно сказать, выгодно ли игроку  $A$  вытеснить конкурента из совместной закупки комплектующих изделий. Если это влияние разнонаправленное, то качественный вывод можно сделать, и не проводя расчетов. Как показано в таблице 2.1., однозначно разнонаправленное влияние на приросты выручки и затрат оказывает параметр  $\beta_B$ , т.е. доля системного интегратора  $B$  в общем объеме закупок комплектующих изделий данного вида у данного специализированного поставщика. Чем она выше, тем меньше у игрока  $A$  экономических стимулов вытеснить конкурента из совместной закупки комплектующих изделий и тем больше стимулов для совместного сотрудничества.

Не все изменения прочих параметров являются независимыми. Чем выше степень конструктивно-технологической общности изделий фирм  $A$  и  $B$ , а зна-

чит предназначенных для них комплектующих, тем ближе друг к другу доли стоимости комплектующих изделий данного вида в общей стоимости финальных изделий фирм  $A$  и  $B$ , т.е.  $\delta_A \approx \delta_B$ . В то же время, увеличение этих параметров приводит к повышению как прироста затрат, так и прироста выручки игрока  $A$ , что не позволяет сделать качественные выводы без количественных оценок.

Кроме того, доли игроков на рынках финальной продукции могут быть не равнозначны их долям на рынке комплектующих. Это различие тем выше, чем шире применение комплектующих изделий данного вида в финальной продукции, которую выпускают не только  $A$  и  $B$ , но и другие системные интеграторы. Такое возможно при развитой межотраслевой унификации, когда комплектующие могут применяться для выпуска финальных изделий различного назначения и даже в разных отраслях. В перспективе такой возможностью не следует пренебрегать. При развитой межотраслевой унификации комплектующих изделий становится возможной такая ситуация, когда доли игроков  $A$  и  $B$  на рынке финальных изделий существенно выше, чем на рынке комплектующих изделий данного вида. Следует заметить, что рассматриваемая в данной модели возможность системного интегратора  $A$  оказывать политическое давление на производителя комплектующих изделий в реальности реализуема лишь при условии, что  $\beta_A$ , доля игрока  $A$  в общем объеме выпуска комплектующих изделий, достаточно велика. В противном случае, вытеснение прочих заказчиков может привести к такому спаду выпуска комплектующих на специализированном предприятии, что их производство может стать убыточным.

В качестве примера можно рассмотреть взаимодействие системных интеграторов проектов Ан-148 и Sukhoi SuperJet 100. В ОАО «ОАК» параллельно идет освоение выпуска двух новых типов региональных пассажирских самолетов: Ан-148 и Sukhoi SuperJet 100. Руководитель ОАО «ОАК» М.А. Погосян ранее возглавлял корпорацию ОАО «ОКБ Сухого», разработчика Sukhoi SuperJet 100, и имеет непосредственное отношение к данному проекту. В связи с

этим высказывается предположение о том, что руководство ОАО «ОАК» проводит политику негласного подавления «конкурирующего» проекта, препятствуя выпуску комплектующих изделий для него на тех же высокотехнологичных специализированных производствах, что создаются для реализации программы Sukhoi SuperJet 100, (см., например, [78, 83]). Для продолжения проекта Ан-148 приходится организовывать обособленные высокотехнологичные производства, что сопровождается дополнительными затратами.

Следует учитывать специфику сегодняшнего состояния российского гражданского авиастроения. В отрасли потребовалось масштабное техническое перевооружение и восстановление (уже на новом технологическом уровне) потенциала предприятий, утраченного почти за два десятилетия вынужденного простоя производства [26, 79]. На этом фоне идет освоение выпуска новых типов воздушных судов и авиадвигателей. Портфель заказов существенно превышает нынешние производственные возможности отрасли, что относится к описанным двум проектам в полной мере. Если в модели при оценке возможного прироста выручки  $\Delta R_A^{разд.j}$  рынок предполагался равновесным, то в сложившейся ситуации наблюдается дефицит российской авиатехники нового поколения [26, 79]. В этих условиях вытеснение конкурентов с рынка не приведет к значительному приросту выручки, а затраты на закупку комплектующих изделий увеличатся. Объективные причины для блокирования выпуска комплектующих для различных типов изделий на одних и тех же специализированных предприятиях отсутствуют. Официально этот тезис осознается руководством ОАО «ОАК»: в условиях нехватки региональных самолетов, необходимо стимулировать производство и Ан-148 и Sukhoi SuperJet 100, см. [56].

На современном этапе развития российского гражданского авиастроения политические факторы оказываются не менее существенными, чем экономические, описанные выше. Это связано с тем, что на данном этапе основным источником финансовых поступлений в гражданское авиастроение является не поток выручки от реализации продукции, а государственные субсидии [23, 26, 79].



Дефицит производственных мощностей заставляет «ведущего» игрока в данной модели, в первую очередь, заботиться об обеспечении поставок комплектующих изделий для собственных нужд. При наличии необходимых финансовых ресурсов ему выгоднее организовать, в кооперации со своими конкурентами, более масштабное специализированное производство комплектующих данного вида.

## **Выводы по главе 2**

1. Эффект обучения в производстве, характерный для высокотехнологичных отраслей промышленности, в т.ч. для гражданского авиастроения, сокращает эффективность гибкой смены контрагентов в сетевых организационных структурах. Смена партнера выгодна в самом начале сотрудничества и становится неэффективной к концу периода совместной работы. Чем выше темп обучения, тем короче период, после которого разрыв контракта невыгоден обеим сторонам. С ростом величины темпа обучения частота смены контрагентов сокращается, что приводит к более жесткой интеграции предприятий в сетевых организационных структурах (при значении величины темпа обучения порядка 10-20%).

2. По результатам проведенного анализа можно полагать, что вытеснение конкурентов из совместной закупки комплектующих изделий не обязательно экономически выгодно, даже если такая политика не потребует от данного системного интегратора дополнительных затрат. Однозначно выгоднее продолжать совместную с конкурентами закупку комплектующих в тех случаях, когда на рынке финальных изделий наблюдается дефицит и/или средние переменные затраты выпуска комплектующих слабо изменяются при изменении масштабов производства, а вытеснение конкурентов не приведет к их уходу с рынка.

3. В настоящее время в российском гражданском авиастроении отсутствуют объективные экономические причины для проведения системными интеграторами политики вытеснения конкурентов из совместной закупки ком-

плектующих изделий. Напротив, существуют предпосылки для организации специализированных производств, работающих в интересах всей отрасли.

### **ГЛАВА 3. ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ НАУКОЕМКОЙ ОТРАСЛИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТАДИИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

#### **3.1. Анализ влияния фрагментации технологических цепочек на процессы разработки сложной продукции**

Переход к сетевым организационным структурам приводит к изменению организации не только производства, но и разработки наукоемкой продукции. Организация НИОКР может существенно отличаться от организации серийного производства.

С одной стороны, системный интегратор может полностью самостоятельно разрабатывать изделие, что обеспечивает лучшую согласованность проектных решений. С другой стороны, разработка ряд компонент финальных изделий может передаваться специализированным предприятиям, т. е. на аутсорсинг, повышая качество их проектирования, удешевляя и ускоряя НИОКР.

Ниже будут приведены рекомендации по оптимальной организации разработки сложных изделий, так как проблемы, возникающие на стадии НИОКР, исследованы гораздо меньше, чем аналогичные в серийном производстве.

##### ***3.1.1. «Когнитивный барьер» в наукоемкой промышленности***

Переход к сетевым организационным структурам сопровождается *фрагментацией* технологических цепочек, уже произошедшей во многих высокотехнологичных отраслях мировой экономики, см. [24]. Существуют экономические предпосылки для ее дальнейшего углубления: от уровня функциональных модулей и агрегатов изделия до уровня элементной базы и отдельных технологических операций, которые могут быть унифицированы в межотраслевом масштабе. Фрагментация технологических цепочек невозможна без *«открытой архитектуры»* продукта, то есть модульной конструкции изделий. Кроме того,

необходимо обеспечение совместимости с финальным изделием любых модулей данного вида, обладающих стандартизированным «интерфейсом».

Примером изделий с открытой архитектурой являются современные персональные компьютеры: практически все системные интеграторы пользуются комплектующими изделиями лишь нескольких специализированных поставщиков. Основные компоненты финального изделия (процессоры, модули памяти и т.п.) имеют стандартный интерфейс, что позволяет укомплектовать конкретное изделие почти любыми их наборами.

Открытую архитектуру могут иметь и изделия наукоемкого машиностроения. Современные гражданские самолеты, в силу практически одинаковой конструкции и стандартизированной размерности, допускают установку авиадвигателей различных конкурирующих производителей. На некоторых моделях альтернативные типы двигателей взаимозаменяемы даже в эксплуатации [103]. Двигатель CF 6 компании Snecma, например, устанавливается на Airbus A300, A310 и Boeing 747 [93].

Фрагментация технологических цепочек сопровождается фрагментацией знаний, что особенно критично в наукоемких отраслях. Специализация позволяет предприятию накопить значительный опыт разработки и производства определенных компонент изделия, приобрести исключительные компетенции в своей области, недостижимые для предприятия полного цикла производства. С другой стороны, возникает риск, что участники процесса разработки нового продукта потеряют системное представление об изделии и взаимосвязях его компонент. Таким представлением должен обладать системный интегратор, который осуществляет управление проектом. Неучет взаимосвязей между элементами сложного изделия на стадии проектирования может обернуться дополнительными затратами и потерей прибыли на стадии производства. На пути обес-

печения качества проектирования возникает «когнитивный барьер<sup>1</sup>» – потеря целостного представления о выпускаемом продукте участниками его создания.

Если системный интегратор закупает у поставщиков крупные законченные функциональные модули изделия, «когнитивный барьер» наиболее высок. В этом случае системный интегратор представляет себе отдельные модули изделия как «черные ящики» с известными «входом» и «выходом», к которым предъявляются определенные требования. Он может лишь оптимизировать параметры их «входа» и «выхода», но не структуру системы в целом. Если же системный интегратор разукрупняет изделие до элементарных деталей (наподобие автонормалей – крепежных деталей, подшипников и т.п.) и элементарных технологических операций, то поставщики теряют понимание роли своей продукции в финальном изделии.

Оптимальная организация НИОКР сложных изделий будет зависеть от специфики финальных изделий, а также от стадии ЖЦ совокупности определенных инновационных технологий. В работе [20] технология определяется как *«документально определенная совокупность применяемых для получения готовой продукции методов и процессов (включая контроль) обработки, изготовления, изменения состояния, свойств, формы материалов и изделий, а также приемы, способы и операции, связанные с транспортировкой»*.

Под инновационной технологией в данной работе подразумевается принципиально новая технология, отличающаяся от уже существующей. В данной главе предполагается, что несколько поколений изделий разрабатывается и производится в рамках одной совокупности инновационных технологий.

Когда инновационная технология достигает зрелости, можно считать, что рациональная структура сложных изделий определилась и хорошо известна системным интеграторам. При этом оптимизация разработки и производства изделия сводится, главным образом, к эволюционному совершенствованию его компонент и снижению затрат на их выпуск. Такая задача успешно решается в

---

<sup>1</sup> Аналогичный термин используется в психологии и педагогике, применительно к инновационным исследованиям и разработкам, данный термин впервые введен автором в работе [6].

рамках сетевых структур с глубокой специализацией предприятий. В периоды смены совокупности инновационных технологий системному интегратору более целесообразно самому осуществлять централизованную разработку нового изделия и всех необходимых к нему компонент. Централизованная разработка нового изделия потребует от системного интегратора содержания исследовательских и опытно-конструкторских мощностей, избыточных по меркам периода зрелости технологии, но только такая стратегия может позволить найти резервы для радикального улучшения характеристик инновационной продукции.

### **3.1.2. Экономико-математическая модель «когнитивного барьера» в сетевых организационных структурах**

Для формального описания обсуждаемой проблемы «когнитивного барьера» предлагается следующий подход<sup>1</sup>. Пусть сложное изделие включает в себя  $n$  элементарных компонент,  $i = 1, \dots, n$ . Степень взаимосвязи между ними можно описать квадратной матрицей размерностью  $n \times n$ . Понимание этих связей, т.е. комплексное представление о продукте, позволяет для каждой компоненты выбрать оптимальное проектное решение, в т.ч., возможно, и решение об ее исключении. В противном случае, когда решаются независимые задачи оптимизации каждой компоненты (без возможности ее исключения), неучет взаимосвязи между компонентами  $i$  и  $j$  приведет к потере прибыли от реализации нового изделия равной  $\Delta\pi_{ij}$ .

Общее количество взаимосвязей между компонентами финального изделия описывается следующей формулой:

$$S_{\Sigma}(n) = \frac{n \cdot (n-1)}{2}. \quad (3.1)$$

Если системный интегратор закупает у специализированных поставщиков  $m$  агрегатов финального изделия, каждый агрегат содержит, в среднем,  $\frac{n}{m}$  эле-

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [6], и развита в работах [10, 11].

ментов. Будем считать, что отдельный поставщик оптимизирует свой агрегат с позиций глобального оптимума для финального изделия в целом. При этом отдельный поставщик изучает, в рамках прикладных НИР, и оптимизирует  $\frac{n}{m} \cdot \left(\frac{n}{m} - 1\right) / 2$  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  $\frac{m \cdot (m - 1)}{2}$  взаимосвязей в формулу для общего числа взаимосвязей, учтенных в процессе НИОКР:

$$S_{cons}(n; m) = \frac{m \cdot (m - 1)}{2} + \frac{n \cdot (n - m)}{2m}. \quad (3.2)$$

Соответственно, число неучтенных взаимосвязей равно следующей разности:

$$\begin{aligned} S_{uncons}(n; m) &= S_{\Sigma}(n) - S_{cons}(n; m) = \frac{n \cdot (n - 1)}{2} - \frac{m \cdot (m - 1)}{2} - \frac{n \cdot (n - m)}{2m} = \\ &= \frac{m \cdot n \cdot (n - 1) - m^2 \cdot (m - 1) - n \cdot (n - m)}{2m} = \frac{(m - 1) \cdot (n^2 - m^2)}{2m}, \quad m = 1, \dots, n. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Полученное выражение изменяется немонотонным образом по мере увеличения числа закупаемых агрегатов  $m$  от 1 до  $n$ . Крайние значения соответствуют централизованному проектированию всего изделия. Случай, когда  $m = 1$  является практически вырожденным. Он означает, что системный интегратор закупает изделие в целом у другого системного интегратора. В этом случае, число неучтенных взаимосвязей равно 0:  $S_{uncons}(n; 1) = S_{uncons}(n; n) = 0$ . В промежуточных точках полученная функция сначала резко возрастает, а затем начинает плавно убывать, см. рис. 3.1.



**Рис. 3.1.** Изменение «высоты» «когнитивного барьера» по мере углубления фрагментации технологических цепочек ( $n=100$ )

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

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 приведет к потере прибыли  $\{\Delta\pi_{ij}\}$  от реализации изделия относительно максимально достижимого уровня. На ранних стадиях ЖЦ инновационной технологии реальные значения величины  $\{\Delta\pi_{ij}\}$  еще неизвестны. Планируя НИОКР по изделию в целом и по отдельным его компонентам, системный интегратор руководствуется лишь своей субъективной оценкой значимости той или иной связи  $\{\Delta\hat{\pi}_{ij}\}$ . В момент времени  $t=0$  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, произ-



водства и эксплуатации изделий, оценки стремятся к своим истинным значениям  $\{\Delta\pi_{ij}\}$  по аperiodическому закону следующего вида:

$$\Delta\hat{\pi}_{ij}(t) = \Delta\pi_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} + \Delta\pi_{ij} \cdot (1 - e^{-\lambda \cdot t}) = \Delta\pi_{ij} + (\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) \cdot e^{-\lambda \cdot t}. \quad (3.4)$$

Параметр  $\lambda$  можно трактовать как темп накопления знаний и компетенций об изделии и взаимосвязи его элементов.

Пусть известна среднестатистическая стоимость учета одной связи в процессе проектирования изделия  $\bar{c}_{link}$ . Тогда, если  $\Delta\hat{\pi}_{ij}(t) > \bar{c}_{link}$ , то связь между компонентами  $i$  и  $j$  считается важной и учитывается в процессе проектирования. В самом начале ЖЦ инновационной технологии все связи априори считаются значащими ( $\Delta\pi_0 > \bar{c}_{link}$ ) и учитываются в процессе проектирования финального изделия. По мере накопления компетенций и знаний об изделии как целостной системе, часть связей оказывается малозначительными (поскольку фактически  $\Delta\pi_{ij} < \bar{c}_{link}$ ) и исключается из дальнейшего рассмотрения, см. рис. 3.2.

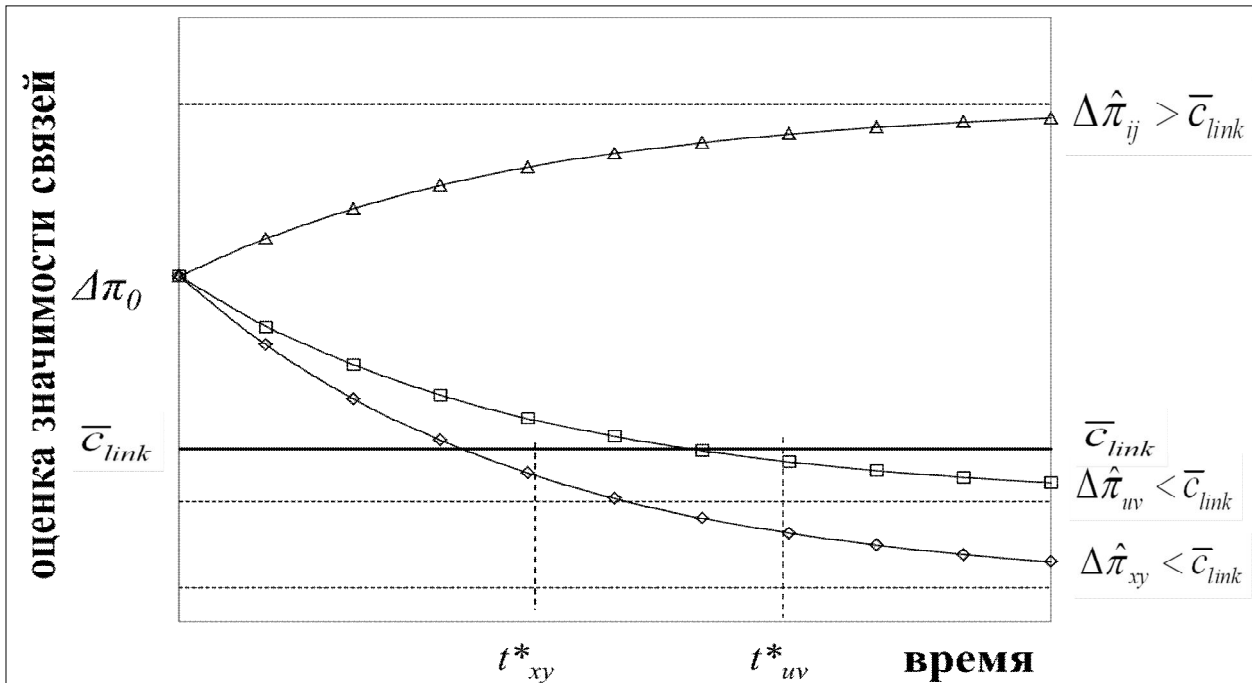


Рис. 3.2. Изменение со временем оценки значимости взаимосвязей между элементами изделия

Оставшиеся взаимосвязи, напротив, учитываются в процессе проектирования более тщательно, поскольку, по мере «вымывания» малозначительных

связей, среднестатистическая значимость оставшихся растет. Найдем момент времени  $t_{ij}^*$  относительно начала ЖЦ данной инновационной технологии, когда малозначительная связь будет признана таковой и исключена из дальнейшего рассмотрения в процессе разработки изделий:

$$\begin{aligned}\Delta\hat{\pi}_{ij}(t_{ij}^*) &= \Delta\pi_{ij} + (\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) \cdot e^{-\lambda \cdot t_{ij}^*} = \bar{c}_{link}, \\ \Rightarrow e^{\lambda \cdot t_{ij}^*} &= \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}}, \text{ или} \\ t_{ij}^* &= \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}}{\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij}} = \frac{1}{\lambda} \cdot [\ln(\Delta\pi_0 - \Delta\pi_{ij}) - \ln(\bar{c}_{link} - \Delta\pi_{ij})]. \quad (3.5)\end{aligned}$$

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

$$S_{unsuff}(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i+1}^n \delta_{ij}(t), \quad (3.6)$$

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 уже считается несущественной.

## **3.2. Метод обоснования оптимальной организационной структуры наукоемкой промышленности в зависимости от стадии цикла жизненного инновационной технологии**

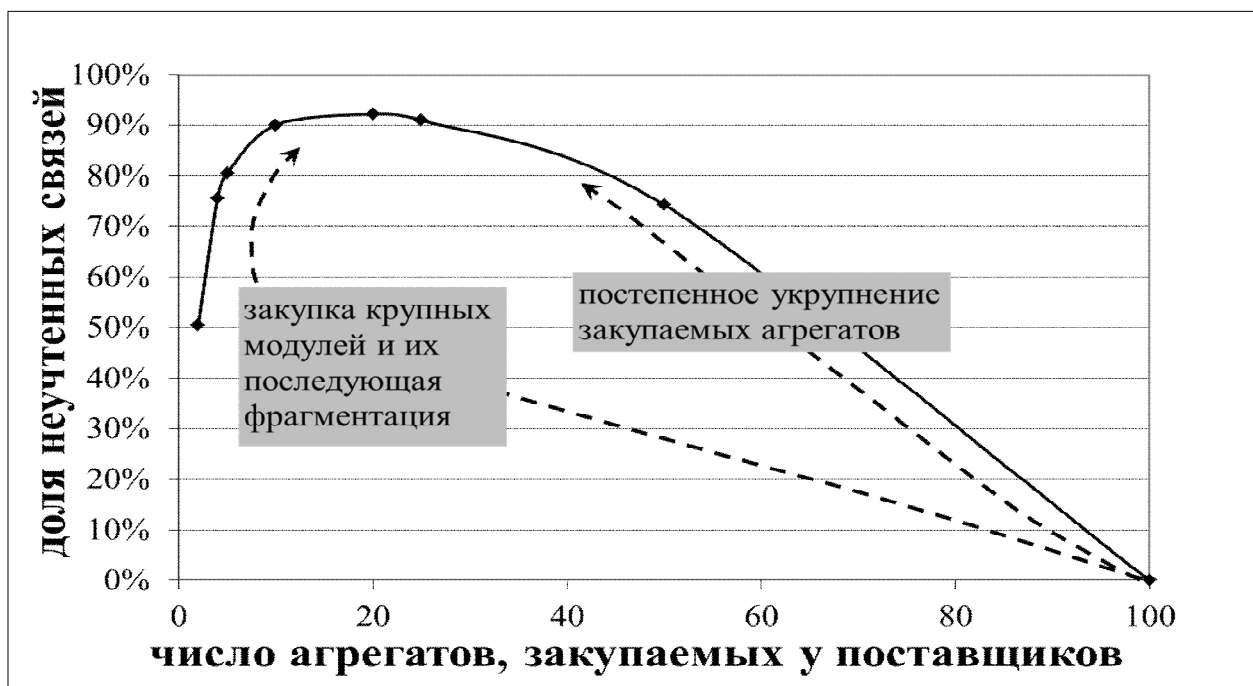
### **3.2.1. Анализ изменения «высоты» «когнитивного барьера» по мере освоения инновационных технологий**

На первый взгляд, для того чтобы определить рациональную глубину фрагментации технологической цепочки на той или иной стадии ЖЦ инновационной технологии, достаточно сопоставить число несущественных взаимосвязей  $S_{unsuff}(t)$  с числом неучтенных взаимосвязей  $S_{uncons}(n; m)$  и найти соответствующую

ющее число агрегатов  $m^*(t)$ , на которые целесообразно делить финальное изделие в данный момент  $t$ . Однако, поскольку зависимость  $S_{uncons}(n; m)$  от  $m$  немонотонна, то решение, в принципе, может быть неединственным, см. рис. 3.1.

Заметим, что уже при  $m=2$  доля неучтенных связей между элементами двух «черных ящиков» составит около 50%, а при дальнейшем углублении фрагментации будет только возрастать. Если к началу разработки второго (после начала освоения принципиально новой технологии) поколения изделий более половины взаимосвязей между элементами еще считается существенными (т.е.  $S_{unsuff}(t) < \frac{S_{\Sigma}}{2}$ ), то это поколение изделий почти полностью разрабатывает системный интегратор. Допустимое число агрегатов, которые разрабатываются и поставляются специализированными производителями, довольно велико и близко к  $n$ . Возможен лишь аутсорсинг разработки относительно простых агрегатов, а не крупных функциональных модулей изделия, что соответствует движению «справа налево» на рис. 3.3. Считается, что первое поколение он вынужден был разрабатывать полностью самостоятельно.

В противоположном случае, возможно, что при быстром накоплении знаний о структуре изделия выделяются крупные модули изделий, разработка которых может быть отдана на аутсорсинг (движение «слева направо» на рис. 3.3).



### **Рис. 3.3. Траектории изменения оптимальной организации НИОКР со временем**

Направление выбора организации разработки финального изделия зависит от темпа накопления знаний и компетенций о взаимосвязях его элементов —  $\lambda$ . Если он низок, по сравнению с частотой смены поколений изделий, то вероятнее постепенное укрупнение агрегатов, закупаемых системным интегратором у поставщиков. Этому варианту соответствует стратификация поставщиков, формирование иерархии и увеличение количества ее уровней. В Государственной программе РФ «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы» [26] отмечается, что: *«если в программе Boeing 777 (1995 год) участвовало 200 поставщиков, то в программе 787 (2005 год) участвует 40 партнеров — интеграторов 1-го уровня».*

В изложенной выше упрощенной модели все связи между элементами рассматриваются как усредненные и однородные, в то время как динамика фрагментации технологических цепочек сильно зависит от того, какие именно связи оказываются несущественными по мере накопления знаний и компетенций. Для конкретного сложного изделия можно выделить элементы и системы, организация разработки и производства которых развивалась как по траектории «слева направо» на рис. 3.3, так и в противоположном направлении. Если быстро выявляются блоки сильно связанных друг с другом элементов изделия (на фоне слабости взаимосвязей элементов разных блоков), они и образуют законченные функциональные модули. Например, на современных гражданских самолетах традиционной компоновки авиадвигатели представляют собой именно такие законченные функциональные модули, разрабатываемые и производимые независимо от воздушных судов, на которые они устанавливаются. Разработчики самолетов предъявляют требования к двигателям, фактически, как к «черному ящику», оговаривая тягово-динамические, массогабаритные, расходные и некоторые другие характеристики, но не конкретную конструкцию и технологии изготовления. Особо подчеркнем, что разработчики и производители

авиадвигателей были независимы от разработчиков и производителей летательных аппаратов с первых десятилетий развития авиации.

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. На истребителях, где двигатели уже занимают значительную долю объема финального изделия, степень интеграции планера и двигателя гораздо сильнее. Приходится согласовывать их конструкцию по аэродинамическим, компоновочным и другим параметрам [33]. В перспективных проектах авиадвигателей для гиперзвуковых летательных аппаратов, в частности в прямоточных двигателях внешнего сгорания, определенные части планера одновременно выполняют роль элементов силовой установки (см. [86]). Разделение их разработки, как и производства, становится принципиально невозможным.

### ***3.2.2. Разработка рекомендаций по выбору оптимальной организационной структуры в наукоемкой промышленности на различных стадиях жизненного цикла инновационной технологии***

Как было показано выше, «высота» «когнитивного барьера» неодинакова на разных стадиях ЖЦ инновационной технологии. На ранних стадиях целесообразна централизованная разработка нового изделия. По мере накопления знаний о взаимосвязях элементов изделий становится допустимой более глубокая фрагментация технологических цепочек, т.е. в сфере НИОКР расширяется применение аутсорсинга.

Помимо «когнитивного барьера» можно указать еще на одну причину предпочтительности централизованной разработки на начальном этапе ЖЦ инновационной технологии. Любые технологии и изделия функционируют не сами по себе, а в составе больших технических систем – *техноценозов*, подробнее см. [21, 50]. К техноценозам могут быть отнесены, например: заводы, территориально рассредоточенные предприятия, отраслевые, городские, региональные инфраструктуры и т.д. Соответственно, эффективность и даже применимость

новых продуктов зависят от их совместимости со сложившейся группой технологий.

При недостаточной совместимости новые продукты:

- могут быть отвергнуты существующими технологиями;
- будут ограниченно эффективными<sup>1</sup>;
- повлекут за собой революционное изменение всех существующих технологий, если их внедрение обещает существенные выгоды.

С учетом этих системных факторов выявляется еще один механизм, способствующий централизованной разработке нового изделия. Новые продукты могут взаимно дополнять друг друга, причем их разработка и производство по отдельности может не иметь смысла. (примеры: новые носители информации и устройства для их воспроизведения, электроплиты с индукционным нагревом и соответствующая посуда). Часто провал инновационных продуктов был вызван именно тем, что их появление не было поддержано уже существующими технологиями. Системному интегратору, занимающемуся инновациями, вначале нередко приходится самостоятельно разрабатывать и производить все необходимые взаимодополняющие элементы. Для независимого предпринимателя слишком высок риск, связанный с производством узкоспециализированных продуктов, дополняющих инновационный продукт. В дальнейшем, возможно, что взаимодополняющие элементы будут производиться независимыми компаниями, особенно при открытой архитектуре композитного блага, т.е. при стандартизированном «интерфейсе» элементов новой технологии. Это будет возможно в том случае, когда накопится «критическая масса» всех элементов в эксплуатации. Можно полагать, что появление независимых производителей отдельных компонент и производственных услуг нового изделия в рамках инновационной технологии становится экономически целесообразным только то-

---

<sup>1</sup> Например, скоростной электропоезд Siemens Velaro, спроектированный под конструкционную скорость до 350 км/ч, что обусловило его высокую цену и сложность в эксплуатации, в реальности развивает на линиях Москва – Санкт-Петербург и Москва – Нижний Новгород скорости около или немного более 200 км/ч. Это вызвано недостаточно высокими характеристиками путевого хозяйства, что приводит к неэффективному использованию потенциала столь сложного и дорогостоящего транспортного средства.

гда, когда ожидаемый объем их реализации превысит определенный порог с учетом:

- перспектив роста рынка самого «композитного» изделия;
- перспектив повторных продаж компонент, определяемых уже накопленным объемом продаж изделий.

Таким образом, углубление фрагментации технологических цепочек по мере развития инновационной технологии обусловлено не только накоплением знаний о взаимосвязи элементов нового продукта, но и накоплением физического объема новых изделий в эксплуатации.

Если рассматривать системных интеграторов и поставщиков как звенья технологических цепочек (промежуточные и конечные), то наибольший доход достанется тому участнику технологической цепочки, который в данный момент лидирует в инновационных разработках. Именно он будет основным получателем инновационной ренты, но он же и несет основную долю инновационных рисков. И если поставщики комплектующих изделий и производственных услуг могут заниматься, в основном, технологическими инновациями, то системные интеграторы, прежде всего, организационными. То есть роль системного интегратора, действительно, может оказаться в определенные периоды более привлекательной, чем роль специализированного поставщика компонент, пусть даже сложных и дорогостоящих.

Во многих наукоемких отраслях (авиастроении, энергетическом и транспортном машиностроении, автомобилестроении) в настоящее время наблюдается стадия ЖЦ технологий, соответствующая верхнему участку *S-образной кривой*, участку насыщения, на котором исчерпаны возможности дальнейшего развития [40], т.е. уже сложнее ожидать инновационных прорывов в технологиях. На завершающих стадиях ЖЦ технологии на первый план, как правило, выходят именно организационные инновации, что и отмечено в работе [24].

В условиях, когда специализированные предприятия-поставщики комплектующих уже сделали технологические усовершенствования, а системные интеграторы – организационные, возможностью для дальнейшего сокращения

себестоимости финального изделия является перенос предприятий в страны с более низкой ставкой заработной платы работников. Складываются предпосылки и в наукоемких отраслях для вывода многих видов производств из ведущих промышленно развитых стран мира в страны АТР и Восточной Европы. Такие изменения уже частично произошли. Например, широко распространены автомобилестроительные производства ведущих европейских компаний в странах Восточной Европы, СНГ и в России. В КНР находится сборочный завод самолета А-320, который принадлежит западноевропейскому консорциуму Airbus Industry, см. [81].

Не стоит считать такое международное разделение труда долгосрочным и необратимым. Преимущественно в 1990-е гг. среди теоретиков «постиндустриального общества» преобладал именно такой взгляд на будущее мировой экономики, что породило концепцию «конца истории» при необратимости процессов глобализации [14, 80, 91]. Современное развитие событий не подтверждает выводов об окончательном характере тех или иных изменений.

К этому следует добавить, что перенос производства инновационных продуктов в регионы с более низкими ставками оплаты труда часто требует и обеспечения контроля над объемами выпуска. В противном случае, многочисленные имитаторы смогут производить аналогичный продукт намного дешевле, лишая системного интегратора монопольной сверхприбыли. Такие примеры широко известны. Многие модели престижных марок бытовой электроники производятся контрафактным образом в странах АТР на тех же мощностях, что и «официальные», то есть нарушается монопольное ограничение на объемы их выпуска.

Вымывание производственного сектора из структуры экономики развитых стран представляет экономическую угрозу и для самих этих стран. Проблема не сводится только к необходимости сохранения полных технологических цепочек в случае ухудшения международной обстановки. Как показала практика, для обеспечения национальной экономической и технологической безопасности критически важно сохранение в стране «индустриальных общин»,



см. [99]. Этот термин означает цепочки взаимодействующих рабочих, инженеров, исследователей и государственных служащих. По мере перемещения производства отдельных элементов сложной продукции в другие страны и регионы мира, теряется целостность понимания проблем ее создания. Со временем процесс перемещения становится необратимым. Вслед за рабочими в места дислокации производственных подразделений будут вынуждены перемещаться не только менеджеры, но и инженеры, затем ученые, преподаватели, так как, несмотря на успехи в развитии ИТ, фактор личного общения остается существенным для производственного процесса. Поэтому важно удержание индустриальных общин (и, соответственно, целостных технологических цепочек) в рамках национальной экономики.

Кроме того, детальный анализ показывает, что даже без учета будущих рисков, перемещение производств в страны третьего мира на данный момент не всегда экономически оправдано. Как правило, перемещение было обусловлено стремлением снизить трудовые затраты. Зачастую решение о переносе производства за рубеж основывалось на ошибочных расчетах, в которых учитывалось лишь снижение стоимости труда, а другие компоненты затрат игнорировались. Помимо потерь, связанных с утратой знаний и ключевых компетенций, нередко не принимались во внимание затраты на поездки в регион расположения поставщика с инспекциями качества, принуждение поставщика к добросовестной работе и транспортные затраты, см. [96,97].

Всё вышесказанное показывает целесообразность централизованной разработки инновационных продуктов. Это уже осознается руководством стран-лидеров инновационного экономического развития и объясняет их промышленную политику, нацеленную на реиндустриализацию национальной экономики.

Некоторые производства возвращаются к своей первоначальной дислокации. Компания Apple объявила, что линейка компьютеров Mac будет вновь собираться на территории США. General Electric инвестирует 800 млн. долл. в со-

здание большой фабрики в Кентукки. Компании Whirlpool и Otis возвращают производства в США из Китая, Мексики и других стран, по данным [96].

Следовательно, к тезису О.Г. Голиченко о том, что современные сложные изделия характеризуются открытой архитектурой (см. [24]) можно сделать важное уточнение, полагая, что это не необратимая историческая тенденция, а именно характеристика современного этапа развития определенного круга технологий. Как показывает анализ поведения когнитивного барьера, на ранних стадиях ЖЦ инновационной технологии системному интегратору может быть невыгодным делать архитектуру продукта открытой. При появлении новых поколений изделий ему более важно получить инновационную ренту как вознаграждение за те инновации, что заключены в финальном изделии. В то же время он несет и значительный инновационный риск.

Показателен пример разработки и производства пассажирского самолета нового поколения Boeing-787 Dreamliner, при конструировании которого был использован целый ряд инновационных решений. Начало коммерческой эксплуатации новой модели самолета ознаменовалось массовыми отказами ряда систем. Потребовалась приостановка эксплуатации самолетов до полного устранения конструктивно-производственных недостатков [54, 96, 97]. Важно подчеркнуть, что наибольшее число отказов и сопутствующих репутационных потерь, понесенных компанией Boeing, было связано не с инновационными решениями (в области аэродинамики, полимерно-композитной конструкции планера и т.п.). Выходили из строя относительно традиционные системы: топливопроводы, вспомогательная силовая установка, аккумуляторы, стекло кабины и т.п., не несущие инновационной составляющей и закупавшиеся у специализированных поставщиков, см. [82]. Централизованная разработка только инновационных звеньев технологических цепочек не гарантирует низкого уровня риска в отношении прочих компонент. Такие инциденты могут быть обусловлены ошибками в управлении инновационными рисками. Сосредоточившись на совершенствовании наиболее инновационных элементов конструкции, компания

снизила уровень контроля над «традиционными», которые считались низкорисковыми.

Таким образом, как для снижения инновационных рисков, так и для извлечения инновационной ренты системному интегратору важно сохранять непосредственный контроль над инновационными звеньями технологических цепочек, потенциально наиболее выгодными, но и наиболее рисковыми.

### **3.3. Анализ влияния внедрения информационных технологий на развитие организационных структур наукоемкой промышленности**

В главе 1 показано, что развитие ИТ позволяет сократить влияние оппортунистического поведения поставщиков в сетевых структурах до приемлемого уровня, что дает возможность системным интеграторам формировать ВПО с переменным составом специализированных поставщиков. Возможность быстрой смены контрагента подавляет его оппортунистическое поведение, а также минимизирует ущерб от форс-мажорных обстоятельств (например, повышения транспортных издержек, усиления таможенных барьеров, а также введения санкций зарубежными государствами [25]). Ряд авторов считает, что именно ИТ обусловили возможность перехода к сетевой структуре отрасли с формированием ВПО (см. [74, 90, 92, 94, 95, 101, 102]).

Необходимо отметить, что при стратегии активной смены контрагентов в сетевой структуре отрасли возникают дополнительные транзакционные затраты, что снижает ее результативность. При обсуждении экономической эффективности ИТ, прежде всего говорят о том, что их внедрение также позволяет существенно снизить и транзакционные затраты на смену контрагентов, см. [39, 90] и, как следствие, суммарные затраты сокращаются.

В данном разделе рассматривается эффективность внедрения ИТ с точки зрения минимизации транзакционных затрат в сетевой организационной структуре.

Формализуем эти качественные соображения с помощью следующего подхода. До внедрения ИТ производить финальные изделия в отрасли с пред-

приятиями полного цикла производства было выгоднее, чем в отрасли с сетевой организационной структурой с ВПО<sup>1</sup> (см. п 1.1.3) по критерию суммарных затрат:

$$TC^{ВПО} = C_{транзац}^{ВПО} + C_{произв}^{ВПО} > TC^{н.ц.п.} = C_{транзац}^{н.ц.п.} + C_{произв}^{н.ц.п.}; \quad (3.7)$$

в связи с высоким уровнем удельных транзакционных затрат на смену контрагента:

$$C_{транзац}^{ВПО} = c_{транзац} \cdot v_{смены} \gg C_{транзац}^{н.ц.п.} \approx 0. \quad (3.8)$$

Несмотря на то, что производственные затраты при неизменном выпуске финальной продукции в сетевых организационных структурах с ВПО ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства:

$$C_{произв}^{ВПО} < C_{произв}^{н.ц.п.} \quad (3.9)$$

$TC^{ВПО}$ ,  $TC^{н.ц.п.}$  - общие затраты,

$C_{транзац}^{ВПО}$ ,  $C_{транзац}^{н.ц.п.}$  - суммарные транзакционные затраты,

$C_{произв}^{ВПО}$ ,  $C_{произв}^{н.ц.п.}$  - суммарные производственные затраты,

при сетевой организационной структуре отрасли с ВПО и в отрасли с предприятиями полного цикла производства, соответственно;

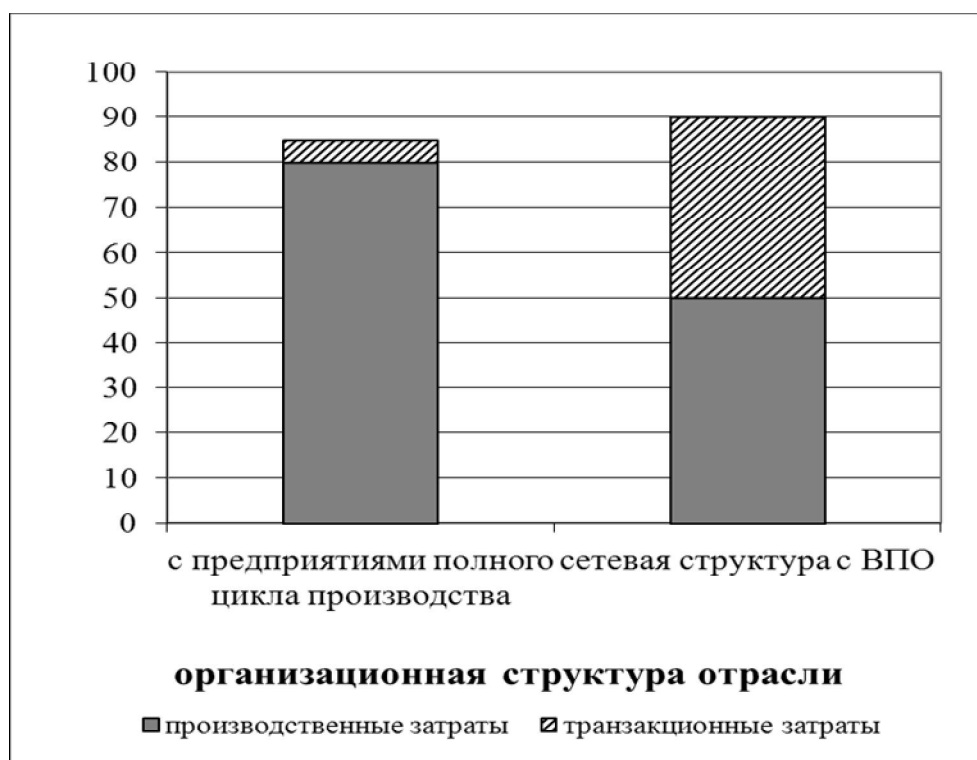
$c_{транзац}$  - удельные транзакционные затраты на одну смену контрагента;

$v_{смены}$  - средняя частота смены контрагентов в год.

Здесь предполагается, что суммарный выпуск финальных изделий в отрасли за весь ЖЦ данного поколения изделий в стоимостном и количественном выражении одинаков для любой организационной структуры, что и позволяет производить сравнение суммарных затрат на производство определенного типа финального изделия.

Наглядно можно представить значения этих составляющих затрат на следующих диаграммах, см. рис. 3.4.

<sup>1</sup> Впервые данная модель была предложена автором в работе [7] и развита в работе [10].



**Рис. 3.4. Уровни производственных и транзакционных затрат до внедрения ИТ**

Данные, представленные на рис. 3.4., показывают, что, как обсуждалось выше, высокий уровень транзакционных затрат при взаимодействии независимых предприятий может стать препятствием к переходу к сетевым организационным структурам отрасли.

Внедрение ИТ позволят существенно сократить удельные транзакционные затраты на смену контрагента (далее штрихом обозначены величины после внедрения ИТ):

$$c'_{\text{транзакц}} < c_{\text{транзакц}} \quad (3.10)$$

знак неравенства (3.7) может поменяться на противоположный:

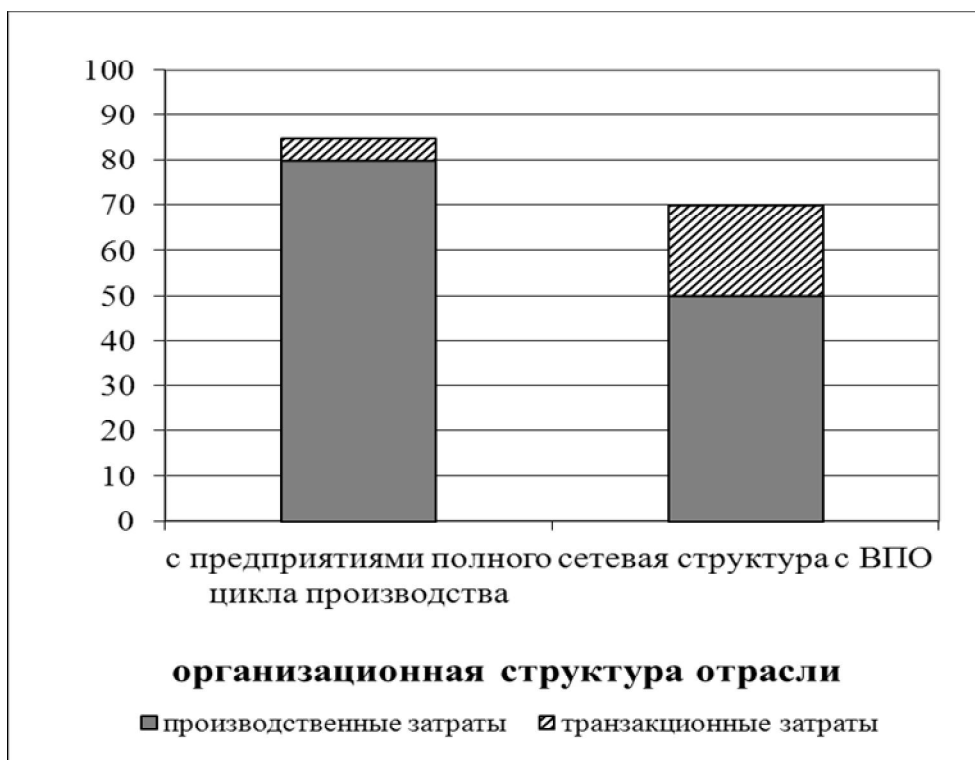
$$TC'^{\text{ВПО}} = C'^{\text{ВПО}}_{\text{транзакц}} + C^{\text{ВПО}}_{\text{произв}} < TC^{\text{н.ц.н.}} = C^{\text{н.ц.н.}}_{\text{транзакц}} + C^{\text{н.ц.н.}}_{\text{произв}} \quad (3.11)$$

После внедрения ИТ станет выгоднее организовать данное производство в виде сетевой структуры с ВПО. При этом уровень транзакционных затрат в сетевой структуре с ВПО возрастет по сравнению с уровнем в отрасли с пред-

приятиями полного цикла производства, для которой транзакционные затраты минимальны:

$$C_{\text{транзакц}}^{\text{ВПО}} = c_{\text{транзакц}} \cdot V_{\text{смены}} > C_{\text{транзакц}}^{\text{н.ц.п.}} \approx 0. \quad (3.12)$$

Наглядно можно представить полученную структуру затрат на следующих диаграммах, см. рис. 3.5.



**Рис. 3.5. Уровни производственных и транзакционных затрат после внедрения ИТ**

Уровень удельных транзакционных затрат сократился, но общий уровень транзакционных затрат возрос. Теперь стало выгоднее перейти от структуры отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевой организационной структуре.

Эффект возрастания транзакционных затрат при внедрении ИТ аналогичен *эффекту рикошета*, широко известному в экономике энергетики и экономике природопользования (energy & environmental economics), см. [15, 30,100]. По мере снижения удельных затрат, суммарные затраты могут возрастать.

Вот как описан эффект рикошета в статье Джесс Дженкинс [30] для случая использования энергосберегающих технологий:

*«Приносящие реальную экономическую выгоду меры по повышению энергоэффективности снижают стоимость услуг, основанных на потреблении топлива, обогрев, охлаждение, перевозки, производственные процессы и т. д., что приводит к увеличению потребления этих услуг промышленными предприятиями и частными лицами».*

При снижении удельных транзакционных затрат (не смотря на возрастание суммарных), предприятиям становится более выгодно перейти к новой организационной структуре: от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевым организационным структурам, поскольку при этом совокупные затраты сокращаются. В случае массового перехода предприятий к сетевой организационной структуре общий уровень транзакционных затрат в отрасли возрастет.

Измерение транзакционных затрат на макроуровне в настоящее время затруднено, так как существующая система статистики (как в России, так и за рубежом) не выделяет транзакционные затраты в своей отчетности [59]. Косвенно тезис о возрастании транзакционных затрат в современной зарубежной экономике подтверждается существенным ростом занятости именно в сфере обработки информации. По данным международных организаций (ООН, ЮНЕСКО) в экономически развитых странах мира уже к началу 1990-х гг. доля занятых в этой сфере превысила 50%. Преимущественно это работники, занятые сбором, анализом, защитой и распространением управленческой и рыночной, а не научно-технической информации. Детальный анализ изменения занятости в различных видах деятельности, приведенный в работе [34] на основании официальных статистических данных, свидетельствует о том, что в наиболее экономически развитых странах мира наблюдается рост занятости в сфере управления, а не в научно-исследовательской деятельности, что позволяет сделать вывод о росте количества занятых именно в транзакционной сфере, см. [41].

Следовательно, когда удельные транзакционные затраты снизились благодаря внедрению ИТ, стала применяться стратегия активной смены контрагентов (стали формироваться ВПО), что и вызвало рост абсолютной суммы транзакционных затрат и количества работников, занятых в соответствующих сферах.

Стоит отметить, что эффективность работы предприятия наукоемкой промышленности может определяться не только снижением затрат, но и рядом неценовых факторов: качеством продукции, сроками ее выхода на рынок и т.д. (подробнее см. [43]).

Заметим, что в работах экономистов институциональной школы в качестве критерия эффективности организационных инноваций рассматривается не снижение транзакционных затрат как таковых, а снижение суммарных затрат (производственных и транзакционных), см.[84]:

*«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».*

Согласно цитируемому тезису, для того, чтобы внедрение описанных технологических и организационных инноваций было выгодным для предприятий, необходимо, чтобы суммарное снижение производственных затрат было выше, чем совокупный прирост транзакционных.

Такой «парадокс» дал повод ряду исследователей утверждать, что ИТ неэффективны, поскольку они не выполнили даже основную задачу, декларируемую при их внедрении, см., например [98]. Однако, увеличение совокупных транзакционных затрат еще не свидетельствует о неэффективности ИТ. Как показано выше, рост транзакционных затрат может быть оправдан более значительным сокращением производственных затрат.

Следовательно, внедрение ИТ, способствуя переходу к сетевым организационным структурам, не приводит собственно к снижению суммарных тран-



закционных затрат, а лишь позволяет реализовать более экономически эффективные стратегии, т.е. эффект от внедрения ИТ является косвенным.

### **Выводы по главе 3**

1. Между независимыми разработчиками отдельных элементов инновационных изделий может возникать «когнитивный барьер», приводящий к потере целостного представления об изделии и взаимосвязях его компонент.

2. На ранних стадиях ЖЦ инновационной технологии, когда связи между элементами нового изделия еще не достаточно изучены, как правило, предпочтительнее централизованная разработка изделий.

Это обусловлено:

- «когнитивным барьером»;
- необходимостью создания комплементарных элементов к новому изделию;
- распределением инновационной ренты.

На последующих стадиях ЖЦ инновационной технологии, по мере:

- накопления знаний о взаимосвязях элементов сложных изделий;
- наращивания количества новых изделий в эксплуатации

становится целесообразным аутсорсинг в сфере НИОКР и переход к сетевой структуре отрасли.

В этот период расширяются возможности экономически эффективного переноса отдельных производств и конструкторских подразделений в страны с более низкими ставками оплаты труда и ценами на прочие ресурсы. Такой сценарий глобализации не является однозначно необратимым.

4. При внедрении ИТ в наукоемких отраслях промышленности наблюдается эффект возрастания суммарных транзакционных затрат, аналогичный *эффекту рикошета*: по мере снижения удельных затрат, суммарные затраты могут возрасти. При снижении удельных транзакционных затрат (не смотря на возрастание суммарных), предприятиям становится более выгодно перейти к новой организационной структуре: от отрасли с предприятиями пол-

ного цикла производства к сетевым организационным структурам, поскольку при этом совокупные затраты сокращаются; т.е. рост суммарных транзакционных затрат не является критерием неэффективности ИТ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При помощи предложенного метода выбора организационной структуры отрасли (на примере гражданского авиастроения), оптимальной по критерию минимальной себестоимости производства наукоемкой продукции, показано, что переход от отрасли с предприятиями полного цикла производства к сетевым организационным структурам позволяет в гражданском авиастроении на 20-30% сократить себестоимость производства наукоемкой продукции, если не учитывать контрактные риски, проявляющиеся в скачках цен поставщиков комплектующих. Согласно расчетам по данным гражданского авиастроения, если амплитуда скачков отпускных цен поставщиков составит порядка 30%, то себестоимость наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с жестким закреплением связей будет на 15-20% ниже, чем в отрасли с предприятиями полного цикла производства.

2. Нивелировать негативный эффект контрактных рисков позволяет внедрение информационных технологий. Если, благодаря внедрению единой информационной среды, удастся снизить время на поиск и смену контрагента с 1,5-2 лет до нескольких месяцев, то, даже при амплитуде скачков отпускных цен поставщиков порядка 100%, себестоимость производства наукоемкой продукции при сетевой структуре отрасли с виртуальными производственными объединениями будет оценочно на 12-16% ниже себестоимости в отрасли с предприятиями полного цикла производства, согласно расчетам по данным гражданского авиастроения.

3. Эффект обучения в производстве, характерный для высокотехнологичных отраслей промышленности, в т.ч. для гражданского авиастроения, сокращает эффективность гибкой смены контрагентов в сетевых организационных структурах. Смена партнера может быть выгодна в самом начале периода сотрудничества, а при приближении к концу периода становится неэффективной.

4. Показано, что вытеснение конкурентов из совместной закупки комплектующих изделий на одном специализированном предприятии не обязательно экономически выгодно, даже если такая политика не потребует от системного интегратора дополнительных затрат. Однозначно выгоднее продолжать совместную с конкурентами закупку комплектующих в тех случаях, когда на рынке финальных изделий

наблюдается дефицит и/или средние переменные затраты выпуска комплектующих слабо изменяются при изменении масштабов производства, а вытеснение конкурентов не приведет к их уходу с рынка.

5. Раскрыто влияние организационной структуры отрасли на качество разработки наукоемких изделий на основе модели «когнитивного барьера», возникающего между системными интеграторами и разработчиками компонент. Исследование предложенной модели показало, что на ранних стадиях жизненного цикла инновационной технологии наиболее целесообразна централизованная разработка нового изделия. По мере накопления знаний о взаимосвязях его элементов становится более эффективным аутсорсинг разработки компонент и переход к сетевой организационной структуре.

6. Показано, что при переходе к сетевым организационным структурам ставки заработной платы работников определенных профессий могут сократиться, несмотря на рост производительности труда в связи с сокращением числа потенциальных работодателей. В частности, если производительность труда в гражданском авиастроении возрастает с 600 тыс. руб./чел.\*г до 900 тыс. руб./чел.\*г, но вместо 10 предприятий полного цикла в отрасли будет организовано 3 специализированных производства компонент каждого вида, равновесные ставки заработной платы могут сократиться с 200 тыс. руб./чел.\*г до 138 тыс. руб./чел.\*г.

Компенсировать сокращение числа потенциальных работодателей при переходе к сетевой структуре позволяет концентрация однотипных производств в кластерах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авиационно-космический кластер в Самарской области / Стратегия социально-экономического развития Самарской области до 2020 г. Режим доступа. URL: [http://www.protown.ru/russia/obl/articles/articles\\_1067.html](http://www.protown.ru/russia/obl/articles/articles_1067.html) (дата обращения 23.08.14)
2. Аудиторское заключение по бухгалтерской отчетности ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» за 2011 год от ЗАО «КПМГ». Режим доступа. URL: [http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial\\_accounts\\_RSA\\_ru/2011/RSA2011.pdf](http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial_accounts_RSA_ru/2011/RSA2011.pdf) (дата обращения 23.08.14)
3. Аудиторское заключение по бухгалтерской отчетности ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» за 2012 год от ЗАО «КПМГ». Режим доступа. URL: [http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial\\_accounts\\_RSA\\_ru/2012/RSA%202012.pdf](http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial_accounts_RSA_ru/2012/RSA%202012.pdf) (дата обращения 23.08.14)
4. Аудиторское заключение по бухгалтерской отчетности ЗАО «Гражданские самолеты Сухого» за 2013 год от ЗАО «КПМГ». Режим доступа. URL: [http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial\\_accounts\\_RSA\\_ru/2013/RSA2013.pdf](http://ir.superjet100.com/assets/files/library/reports/financial_accounts_RSA_ru/2013/RSA2013.pdf) (дата обращения 23.08.14)
5. Байбакова Е.Ю., Клочков В.В. Экономические аспекты формирования сетевых организационных структур в российской наукоемкой промышленности // Управление большими системами. 2010. Специальный выпуск 30.1 «Сетевые модели в управлении». С. 697-721.
6. Байбакова Е.Ю., Клочков В.В. Экономические аспекты фрагментации технологических цепочек в наукоемкой промышленности // Вестник Уральского государственного технического университета. Серия «Экономика и управление». 2010. № 6. С. 89-101.
7. Клочков В.В., Байбакова Е.Ю. Формирование сетевых структур и изменение транзакционных издержек: роль информационных технологий // Экономический анализ: теория и практика. 2012. № 42 (297). С. 43-50.

8. *Клочков В.В., Байбакова Е.Ю.* Формирование сетевых структур в российской промышленности: социальные и поселенческие аспекты // Региональная экономика: теория и практика. 2012. № 44 (275). С. 34-45.
9. *Клочков В.В., Байбакова Е.Ю.* Анализ проблем и рисков реструктуризации авиапромышленного комплекса России // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 4 (193). С. 7-17.
10. *Байбакова Е.Ю., Клочков В.В.* Взаимосвязь инновационного развития и организационной структуры предприятий и отраслей (на примере авиастроения) // Инновации. 2013. № 4. С. 90-98.
11. *Клочков В.В., Байбакова Е.Ю.* Анализ взаимосвязи развития технологий и эволюции организационных структур предприятий и отраслей // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 35 (338). С. 11-22.
12. *Клочков В.В., Байбакова Е.Ю.* Анализ взаимодействия поставщиков и заказчиков высокотехнологичной продукции в сетевых структурах // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 43 (346). С. 26-39.
13. *Байбакова Е.Ю.* Анализ влияния организационной структуры отрасли на себестоимость наукоемкой продукции // Финансовая аналитика: проблемы и решения. 2014. № 35 (221). С. 29-39.
14. *Белл Д., Иноземцев В.* Эпоха разобщенности. — М.: Центр исследований постиндустриального общества, 2007 – 298 с.
15. *Болбот Е.А., Клочков В.В.* Экономико-математический анализ предпосылок и последствий эффекта рикошета. // Экономический анализ: теория и практика. 2012, № 3. – С. 52-63
16. Ведомственная целевая программа «Повышение эффективности отраслевых систем подготовки кадров и повышения квалификации руководящих сотрудников и специалистов в высокотехнологичных секторах промышленности». Режим доступа. URL: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/strategic/crosssectoral/0> (дата обращения 02.09.14)

17. Волков О.И., Девяткин О.В. Организация производства на предприятии (фирме) / М., ИНФРА-М, 2004 – 448 с.
18. Гальперин В. М., Игнатъев С. М., Моргунов В. И. Микроэкономика В 2-х томах. Институт "Экономическая школа", Санкт-Петербург, 2004.
19. Геворкян А.М., Минаев Э.С., Карасева А.А., и др. Экономика и организация производства летательных аппаратов / М., Машиностроение, 1995. – 168 с.
20. Гнатюк В.И. Лекции о технике, техноценозах и техноэволюции. – Компьютерная версия, перераб. и доп. – Калининград: БНЦ РАЕН – КВИ ФПС России, 2000. – Архив в сети Интернет: [http://gnatukvi.ru/zip\\_files/lexc.zip](http://gnatukvi.ru/zip_files/lexc.zip) (дата обращения 23.08.14).
21. Гнатюк В.И. Закон оптимального построения техноценозов / М.: Издательство ТГУ – Центр системных исследований, 2005 – 383 с.
22. Годовой отчет ОАО «ОАК» за 2011 год. Режим доступа. URL:[http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/disclosure/UAC\\_Annual\\_Report\\_2011/UAC\\_Annual\\_Report\\_pages\\_8-63.pdf](http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/disclosure/UAC_Annual_Report_2011/UAC_Annual_Report_pages_8-63.pdf) (дата обращения 23.08.14)
23. Годовой отчет ОАО «ОАК» за 2012 год, Часть 1. Режим доступа. URL:[http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/disclosure/Annual\\_Report\\_2012r\\_Part\\_1.pdf](http://www.uacrussia.ru/common/img/uploaded/disclosure/Annual_Report_2012r_Part_1.pdf) (дата обращения 23.08.14)
24. 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.
25. Госдепартамент США подтвердил введение санкций против семи компаний из России, КНДР, Индии и Кубы // по сообщению информационного агентства АРМС-ТАСС, 07.08.2006.
26. Государственная программа Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013-2025 годы». Режим доступа.

- URL:[http://old.minpromtorg.gov.ru/reposit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP\\_RAP\\_20140109\\_v2.1.pdf](http://old.minpromtorg.gov.ru/reposit/minprom/ministry/fcp/avia2013-2025/GP_RAP_20140109_v2.1.pdf) (дата обращения 23.08.14)
27. Государственная программа Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности». Режим доступа. URL: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/8> (дата обращения 23.08.14)
28. Государственная программа Российской Федерации «Развитие судостроения на 2013 - 2030 годы». Режим доступа URL:<http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/6> (дата обращения 23.08.14)
29. Группа площадок В2В. Режим доступа. URL:<http://www.aetp.ru/etp/list/b2b-group> (дата обращения 23.08.14)
30. *Дженкикс Дж.* Рациональное использование энергии увеличивает её расход? // ЮНИДО в России. - 2011. - № 5. С.35-37.
31. *Зверева П.* С миру по компоненту // Авиатранспортное обозрение. № 140, 24.07.2013. Режим доступа. URL:<http://www.ato.ru/content/s-miru-po-komponentu> (дата обращения 23.08.14)
32. *Игнатьева Л.* Ту-214 догоняет Boeing по ценам // публикации портала Авиапорт, 01.02.2006. Режим доступа. URL: <http://www.aviaport.ru/digest/2006/02/01/100374.html> (дата обращения 23.08.14)
33. *Ильин В.Е., Левин М.А.* Истребители / М.: Виктория АСТ, 1996. – 288 с.
34. *Кастельс М.* Информационная эпоха: экономика, общество и культура. Пер. с англ. под ред. О.И. Шкаратана / М.: ВШЭ, 2000. – 608 с.
35. *Кизим Н.А., Хаустова В.Е.* Влияние трансграничных слияний и поглощений на экономическую безопасность страны // Вестник Уральского федерального университета. Серия «Экономика и управление». № 4, 2011.С. 23-31.



36. *Клейнер Г.Б., Тамбовцев В.Л., Качалов Р.М.* Предприятие в нестабильной экономической среде: риски, стратегии, безопасность / М., Экономика, 1997. – 288с.
37. *Клейнер Г.Б.* Макроэкономические факторы и ограничения экономического роста // Проблемы теории и практики управления, № 5, 2004.С. 28-34.
38. *Клочков В.В.* Организация конкурентоспособного производства и послепродажного обслуживания авиадвигателей / М.: Экономика и финансы, 2006. – 464 с.
39. *Клочков В.В.* CALS-технологии в авиационной промышленности: организационно-экономические аспекты / М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2008. – 124 с.
40. *Клочков В.В.* Управление инновационным развитием гражданского авиастроения. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. – 280 с.
41. *Клочков В.В.* Риски и ограничения развития нематериального сектора экономики / Сфера услуг: инновации и качество. 2011. № 1. С. 19-23.
42. *Клочков В.В.* Экономика: учебное пособие для вузов / М.: ИНФРА-М, 2012. – 684 с.
43. *Клочков В.В., Циклис Б.Е.* Минимизация затрат и управление развитием наукоемкой промышленности (на примере авиастроения) // Контроллинг. 2011. №. 1 (37). С. 8-17.
44. КНААПО готовит новые кадры // публикации портала Авиапорт, 03.04.2012. Режим доступа. URL: <http://www.aviaport.ru/digest/2012/04/03/232278.html> (дата обращения 23.08.14)
45. *Кнобель А.Ю.* Вертикальная интеграция, технологическая связанность производств, оппортунистическое поведение и экономический рост // Экономика и математические методы, 2010. Т.46. № 1. С.117-132.

46. *Колесник Г.В.* Моделирование формирования инвестиционной стоимости инструментов корпоративного контроля // Экономика и математические методы. 2010. Т. 46. №3. С. 93-100.
47. *Колесник Г.В.* Управление производственными системами с распределенными правами собственности: Экономико-математический анализ / М.: URSS, 2012 – 128 с.
48. *Кондратьев В.Б.* Проблемы регионального промышленного развития России //Сетевое издание Центра исследований и аналитики Фонда исторической перспективы «Перспективы», 07.07.2007. Режим доступа. URL:[http://www.perspektivy.info/rus/ekob/problemy\\_regionalnogo\\_promyshlennogo\\_razvitiya\\_rossii\\_2007-07-07.htm#\\_edn1](http://www.perspektivy.info/rus/ekob/problemy_regionalnogo_promyshlennogo_razvitiya_rossii_2007-07-07.htm#_edn1) (дата обращения 23.08.14)
49. Корпорация "Фазотрон-НИИР" может быть обанкрочена // публикации портала Aviation Explorer, 02.09.2010. Режим доступа. URL: <http://www.aex.ru/news/2010/9/2/77995/> (дата обращения 23.08.14)
50. *Кудрин Б.И.* Исследования технических систем как сообществ изделий – техноценозов // Системные исследования. Ежегодник – 1980. М.: 1981. С. 236–254.
51. *Кузнецова Е., Попов Е.* SSJ может дать тягу // Газета "Коммерсантъ" №148 от 20.08.2013.
52. *Макаров Ю.Н., Хрусталева Е.Ю.* Финансово-экономические механизмы согласования корпоративных интересов субъектов интегрированных структур // Экономический анализ: теория и практика, 2010, № 37. С. 15 – 22.
53. *Манюшиц А., Смольянинов В., Тарасов В.* Виртуальное предприятие как эффективная форма организации внешнеэкономической деятельности компании // Международный журнал "Проблемы теории и практики управления", 2003, №4. Режим доступа. URL: [http://vasilieva.narod.ru/16\\_4\\_03.htm](http://vasilieva.narod.ru/16_4_03.htm) (дата обращения 23.08.14)

54. *Миклашевская А.* Проблемы тянут Boeing к земле // Коммерсант, 14.01.2013.
55. *Мильнер Б.* Уроки бюрократической системы управления // Журнал «Вопросы экономики», 1999, № 1. С.77-87.
56. ОАК признала меры ВАСО по снижению себестоимости Ан-148 эффективными // публикации портала Aviation Explorer, 21.08.2012. Режим доступа. URL: <http://www.aex.ru/news/2012/8/21/97548/> (дата обращения 23.08.14)
57. Особая экономическая зона «Титановая долина». Режим доступа. URL: <http://titanium-valley.com/> (дата обращения 28.08.14)
58. *Патюрель Р.* Создание сетевых организационных структур // Проблемы теории и практики управления. – 1997. – № 3. С. 76-81.
59. *Попов Е.В., Власов М.В., Веретенникова А.Ю.* Функциональная классификация транзакционных издержек. // Проблемы теории и практики управления. – 2010. – № 1. – С. 55 – 62.
60. Приложение №1 к государственной программе Российской Федерации «Развитие авиационной промышленности на 2013 - 2025 годы». Режим доступа. URL:<http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/avia2013-2025> (дата обращения 23.08.14)
61. Приложение к газете "Коммерсантъ" №148 от 20.08.2013, с. 16. Режим доступа. URL:<http://kommersant.ru/doc/2258631> (дата обращения 23.08.14)
62. Приложение к газете "Коммерсантъ" №148 от 20.08.2013, с.21. Режим доступа. URL:<http://kommersant.ru/doc/2258642> (дата обращения 23.08.14)
63. Программа развития инновационного территориального кластера «Консорциум «Научно-образовательно-производственный кластер «Ульяновск-Авиа». Режим доступа. URL:<http://cluster.hse.ru/upload/iblock/b7f/b7f611ffa7f34b13cffd8e596055307a.pdf> (дата обращения 28.08.14)

64. Программа развития инновационного территориального кластера на территории Свердловской области «Титановый кластер Свердловской области». Режим доступа. URL: [http://www.hse.ru/data/2012/07/20/1257380180/Программа\\_титан.pdf](http://www.hse.ru/data/2012/07/20/1257380180/Программа_титан.pdf) (дата обращения 28.08.14)
65. Российская авиационная отрасль: переломный момент. Исследование ЗАО «Стратеджи Партнерс Групп» 21.08.2013. Режим доступа. URL: [http://www.strategy.ru/UserFiles/File/Doklad/2013\\_Russian\\_aviation.pdf](http://www.strategy.ru/UserFiles/File/Doklad/2013_Russian_aviation.pdf) (дата обращения 23.08.14)
66. Российская энциклопедия CALS. Авиационно-космическое машиностроение / под ред. проф. А.Г. Братухина. М.: НИЦ АСК, 2008 – 608 с.
67. Саркисян С.А, Старик Д.Э. Экономика авиационной промышленности / М., Высшая школа, 1985. – 320 с.
68. Себестоимость двигателя SaM146 к 2020 году сократится в 1,5 раза // Aviation Explorer, 14.06.2013. Режим доступа. URL: <http://www.aex.ru/news/2013/6/14/106792/> (дата обращения 23.08.14)
69. Создана электронная торговая площадка b2b-avia, 31.05.2005. Режим доступа. URL: [http://www.logistics.ru/9/3/i77\\_2824p0.htm](http://www.logistics.ru/9/3/i77_2824p0.htm) (дата обращения 23.08.14)
70. Сорокина Н.П., Албитова Н.В., Антонова Г.В., Кураева Л.Н., Пашкова С.Е. Спрос и предложение на профессиональных рынках труда // Всероссийский мониторинг социально-трудовой сферы. Информационно-аналитические материалы по итогам 2003 года. М., "Социономия", 2004. С. 143-186.
71. Спелова П. Будем расхлебывать годами // Взгляд, 13.10.11.
72. Судов Е.В., Левин А.И., Давыдов А.Н., Барабанов В.В. Концепция развития CALS-технологий в промышленности России. / М.: НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика", 2002.– 36с.
73. Тарасов В.Б. Предприятия XXI-го века: проблемы проектирования и управления // Автоматизация проектирования, 1998, №4 (10) . С. 45-52.

74. *Тарасов В.Б.* Причины возникновения и особенности организации предприятия нового типа // Проблемы теории и практики управления, №1, 1998. С.87-90.
75. Технопарк–Мордовия. Светотехнический кластер. Режим доступа. URL: <http://www.technopark-mordovia.ru/lighting-cluster/> (дата обращения 28.08.14)
76. *Тренев Н.Н.* Предприятие и его структура: анализ, диагностика, оздоровление / М.: Приор, 2002. – 240 с.
77. *Третьяк О.А., Румянцева М.А.* Сетевые формы межфирменной кооперации: подходы к объяснению феномена // Российский журнал менеджмента. 2003. Том 1, №2. С. 25-50.
78. УНИАН: Михаил Погосян хочет ликвидировать производство Ан-148 на ВАСО // публикации портала Aviation Explorer, 29.06.2011. Режим доступа. URL: <http://www.aex.ru/news/2011/6/29/86264/> (дата обращения 23.08.14)
79. Федеральная целевая программа «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 годы и на период до 2015 года» (в ред. Постановления Правительства Российской Федерации от 7.07.2011 г. № 556). Режим доступа. URL: <http://old.minpromtorg.gov.ru/ministry/fcp/employer/avia> (дата обращения 23.08.14)
80. *Фукуяма Ф.* Конец истории и последний человек / Фрэнсис Фукуяма; пер. с англ. М. Б. Левина. — М.: АСТ, 2007. — 588 с.
81. *Хрипунов К.* Китайский Airbus // публикации портала Авиапорт 26.09.2008. Режим доступа. URL: <http://www.aviaport.ru/digest/2008/09/26/158234.html> (дата обращения 23.08.14)
82. *Черноиванова А.* Акции Boeing падают на фоне инцидентов с лайнерами 787 Dreamliner // публикации портала Газета.ru, 09.01.2013. Режим

- доступа. URL:<http://www.gazeta.ru/business/2013/01/09/4917385.shtml>  
(дата обращения 23.08.14)
83. *Черных П.* Катастрофа Sukhoi Superjet-100 может подрезать крылья украинскому Ан-148 // публикации портала UNIAN, 14.05.2012. Режим доступа. URL:<http://economics.unian.net/transport/647320-katastrofa-sukhoi-superjet-100-mojet-podrezat-kryilya-ukrainskomu-an-148.html> (дата обращения 23.08.14)
84. *Шаститко А.Е.* Транзакционные издержки (содержание, оценка и взаимосвязь с проблемами трансформации) // Вопросы экономики, № 7, 1997. С. 65-76.
85. Экономика предприятия (фирмы): Учебник / под ред. О.И. Волкова и доц. О.В. Девяткина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 601 с.
86. Энциклопедия «Авиация» / М.: Большая Российская Энциклопедия, 1994. – 736 с.
87. *Acemoglu D., Aghion Ph., Zilibotti F.* Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth // NBER Working Paper 9066. 2002
88. *Acemoglu D., Aghion Ph., Zilibotti F.* Vertical Integration and Distance to Frontier // NBER Working Paper 9191. 2002.
89. *Alchian A.* Reliability of Progress Curves in Airframe Production // *Econometrica*. – 1963. – Vol. 31, №4. – P. 679-694.
90. *Allen T.J., Hauptman O.* The Influence of Communication Technologies on Organization Structure // *Commun. Res.* 1987., vol. 14. No. 4. P. 575-587,
91. *Bell D.* The End of Ideology: On the Exhaustion of Political Ideas in the Fifties. — N.Y.: Free Press, 1965.
92. *Brodar K., Klačmer Čalopa M., Pihir I.* Impact of ICT on the Structural and Contextual Organizational Elements: Case of Varaždin County // *Journal of Information and Organizational Sciences JIOS*, VOL. 33, NO. 2 (2009). P. 243-254.

93. CF6. Режим доступа. URL: <http://www.sneema.com/-cf6-80-.html?lang=en>  
(дата обращения 23.08.14)
94. Čudanov M., Jaško O., Jevtić M. Influence of Information and Communication Technologies on Decentralization of Organizational Structure, ComSIS Vol. 6, No. 1, June 2009. P. 93-109.
95. Daft R. Organizational theory and design, 8th edition, Thomson South-Western, Mason, Ohio (2004).
96. Denning St. The Boeing Debacle: Seven Lessons Every CEO Must Learn // Forbes, 17.01.2013.
97. Denning St. What Went Wrong At Boeing? // Forbes, 21.02.2013.
98. Dzuba S.A. Effectiveness of management systems: informational approach. // Менеджмент в России и за рубежом, 2010, №4. С. 3-10.
99. Gary P. Pisano, Willy C. Shih Restoring American Competitiveness // Harvard Business Review, July, 2009.
100. Herring H. Energy efficiency: A critical view. Energy, 2006, 31(1). P.10 – 20.
101. Majchrzak A., Chang T., Barfield W., Eberts R. and Salvendy G. Human Aspects of Computer-Aided Design / Philadelphia, PA: Taylor and Francis, 1987.
102. Overby E., Bharadwaj A., Sambamurthy V. Enterprise agility and the enabling role of information technology // European Journal of Information Systems. – 2006. –Vol. 15. – P. 120–131.
103. RB211-535E4 Режим доступа. URL: [http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft/rb211\\_535/](http://www.rolls-royce.com/civil/products/largeaircraft/rb211_535/) (дата обращения 23.08.14)
104. Williamson O.E. Technology and transaction cost economics // Journal of economic behavior and organization, 1988, vol. 10. P. 355-363.
105. Wright T.P. Factors Affecting the Cost of Airplanes // Journal of Aeronautical Sciences, 1936, 3(4). P. 122-128.