

**РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ  
НАУК**

*Институт проблем управления*

**РОССИЙСКАЯ  
АКАДЕМИЯ  
ОБРАЗОВАНИЯ**

*Институт управления образованием*

**Д.А. Новиков, Н.П. Глотова**

**МОДЕЛИ И МЕХАНИЗМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ  
СЕТЯМИ И КОМПЛЕКСАМИ**

**Москва – 2004**

УДК 007, 519  
ББК 32.81  
Н 73

**Новиков Д.А., Глотова Н.П. Модели и механизмы управления образовательными сетями и комплексами.** М.: Институт управления образованием РАО, 2004. – 142 с.

ISBN 5-88795-23-4

Работа содержит результаты исследований теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов (механизмов) управления образовательными сетями и комплексами – формой организации образовательных систем как объединения организационно интегрированных образовательных учреждений, реализующих комплекс взаимосвязанных образовательных программ различных уровней.

Проводится обзор известных результатов, рассматриваются оригинальные модели управления, позволяющие ставить и решать для образовательных сетей и комплексов задачи структурной оптимизации, потоковой оптимизации, распределения ресурсов и мотивационного управления.

Работа рассчитана на специалистов (теоретиков и практиков) по управлению образовательными системами.

*Рецензент: д.т.н., проф. А.В. Щепкин*

ISBN 5-88795-23-4

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Глава 1. Проблемы управления образовательными сетями и комплексами .....	7
1.1. Образовательные сети .....	7
1.2. Образовательные комплексы .....	16
1.3. Принципы развития образовательных сетей и комплексов .....	26
1.4. Поточковая модель образовательной сети .....	34
1.5. Функциональная, структурная и потоковая модели образовательного комплекса. Образовательная траектория .....	49
1.6. Механизмы управления образовательными системами .....	54
1.7. Задачи управления образовательными комплексами .....	62
Глава 2. Модели и методы управления образовательными сетями и комплексами .....	66
2.1. Механизмы структурной оптимизации .....	66
2.2. Механизмы потоковой оптимизации .....	76
2.3. Механизмы распределения ресурсов .....	81
2.4. Механизмы мотивационного управления .....	91
Заключение .....	109
Приложение 1. Механизмы принятия управленческих решений по развитию образовательных систем .....	110
П.1. Механизмы комплексного оценивания .....	112
П.2. Механизмы экспертизы .....	118
П.3. Тендеры .....	120
П.4. Механизмы распределения ресурса .....	121
П.5. Механизмы финансирования .....	123
П.6. Механизмы стимулирования .....	124
П.7. Механизмы оперативного управления .....	126
Приложение 2. Программа развития и управление развитием .....	127
Литература .....	133

## **ВВЕДЕНИЕ**

Одной из важнейших развития отечественного образования является модернизация сложившейся отраслевой модели управления этой системой. В современных условиях управление образованием – это, прежде всего, во-первых, управление процессом его развития, а не только управление учреждениями и людьми. Во-вторых, управление образованием в современных условиях должно быть ориентировано на конечный результат. А сегодня в условиях технологической революции, в условиях информационного общества конечным результатом системы образования является конкурентоспособность экономики, уровень развития высоких технологий производства, высокие показатели внутреннего валового дохода, высокий уровень материальной и духовной жизни населения.

Анализ хода модернизации образования свидетельствует, что многие возникающие проблемы не могут быть решены в рамках существующей парадигмы управления образовательными ресурсами. Все более необходимой является разработка таких моделей управления, которые позволят рассматривать *образовательную сеть* не как совокупность изолированных групп образовательных учреждений с обособленными, негибкими образовательными программами, а как целостную систему, способную концентрировать ресурсы в интересах удовлетворения разнообразных образовательных потребностей населения с одной стороны, и обеспечивать развитие экономики и социальной сферы своей территории – с другой.

Если региональная, муниципальная и т.д. образовательная сеть является объединением образовательных учреждений по территориальному признаку, то в последнее время все большее распространение получают образовательные комплексы – форма организации образовательных систем как объединения организационно интегрированных образовательных учреждений, реализующих комплекс взаимосвязанных образовательных программ различных уровней. Таким образом, основное отличие образовательного комплекса от образовательной сети заключается в более высокой степени организационной (включая ресурсную) интеграции и взаимосвязи реализуемых образовательных программ.

Помимо организационной интеграции, различные основания классификации позволяют выделять производственно-образовательные, и научно-образовательные холдинги и образовательные комплексы [18, 75, 122]<sup>1</sup>. Объединение образовательных учреждений в образовательный комплекс может происходить по региональному (территориальному) признаку [109, 134, 140] и по объединяющей базовой организации (образовательному учреждению), которой, как правило, является университет [135, 137, 143]. В последнем случае образовательный комплекс называется *университетским комплексом*.

Настоящая работа содержит обсуждение специфики образовательных сетей и образовательных комплексов как организационных систем, а также основные принципы и механизмы управления ими. Для этого с позиций современной теории управления вводятся универсальные модели образовательной сети и образовательного комплекса (детализируются их состав, структура и функции), определяются объекты управления и перечисляются основные функции и механизмы управления.

Основным методом исследования является *математическое моделирование*, заключающееся в разработке формальных моделей образовательных комплексов, позволяющих описывать их состояние в зависимости от управляющих воздействий и, следовательно, решать *задачу управления* – поиска таких допустимых управляющих воздействий, которые приведут образовательный комплекс в требуемое (эффективное с точки зрения органа управления) состояние.

Так как речь идет о математическом моделировании, то, сделав маленькое отступление, обсудим известные на сегодняшний день результаты использования в педагогике математического моделирования.

Наверное, наиболее крупным блоком являются работы, посвященные теории измерений [63, 98, 114, 133, 142] и методам статистической обработки результатов педагогических экспериментов [63, 77, 114].

---

<sup>1</sup> Многие упоминаемые в настоящей работе публикации можно найти в электронном виде на сайте теории управления организационными системами [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru).

Второй блок представляют работы, использующие аппарат дискретной математики (в первую очередь – теории графов) для построения моделей оптимизации учебного процесса – определения числа, состава и последовательности изучения учебных курсов [16, 63, 85, 86, 156]. Сюда же можно условно отнести работы по оптимизации содержания обучения [16, 56, 81].

Третий блок составляют модели научения [7, 8, 33, 103, 106], описывающие динамику приобретения знаний, формирования умений и навыков.

Вот, пожалуй, и всё! Мы не будем рассматривать ни один из перечисленных выше трех блоков, в том числе – сам процесс обучения и воспитания (содержание, формы, методы, средства, методики обучения и пр.). Нас будет в первую очередь интересовать аспект управления образовательной сетью или образовательным комплексом как организационной системой.

Поэтому структура изложения материала настоящей работы такова: в первой главе рассматривается общая проблематика управления образовательными сетями и комплексами: вводятся модели образовательной сети и образовательного комплекса, приводится типология последних, обсуждается возможность использования известных из теории управления моделей и методов (механизмов – процедур принятия решений) для управления образовательными сетями и комплексами.

Вторая глава содержит оригинальные результаты разработки и исследования теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов управления образовательными сетями и комплексами, а именно – механизмов структурной оптимизации, потоковой оптимизации, распределения ресурсов и мотивационного управления.

В приложение вынесен краткий обзор основных механизмов принятия решений по управлению развитием образовательных систем, а также концепция разработки программы развития образовательных сетей и комплексов.

Относительно путей прочтения настоящей работы можно рекомендовать следующее: читатель, не заинтересованный в тонкостях математического моделирования, вполне может составить общее впечатление о специфике управления образовательными комплексами, ограничившись прочтением первой главы и приложений.

## **ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ И КОМПЛЕКСАМИ**

В настоящей главе рассматриваются проблемы управления образовательными сетями и комплексами. В том числе, описываются модели (общая и потоковая) образовательной сети и образовательного комплекса; приводится типология последних; обсуждается возможность использования известных из теории управления моделей и методов для управления образовательными сетями и комплексами.

### **1.1. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СЕТИ**

Эффективность системы образования в России в значительной степени обусловлена эффективностью ее составляющих – региональных (под регионом здесь и далее понимается субъект Федерации), субрегиональных, межмуниципальных и муниципальных образовательных сетей (ОС). Необходимость развития (совершенствования, оптимизации и т.д.) последних признается всеми безоговорочно, однако относительно того, что следует изменять и как изменять, единое мнение отсутствует.

Как известно, *управление* – это воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения [30]. Поэтому, говоря о моделях управления образованием, в первую очередь необходимо опираться на представления о требуемом поведении системы образования, то есть на то, насколько она отвечает потребностям личности, общества, экономики и т.д.

Для описания системы управления необходимо, в первую очередь, выделить *субъект управления* (управляющий орган<sup>1</sup>) и *объект управления*.

**Объекты и субъекты управления.** В рассматриваемом случае управляемые системы (объекты управления) целесообразно разделить на две:

---

<sup>1</sup> *Субъект и объект управления могут и совпадать, например, в случае самоуправления, партисипативного управления.*

- *система образования* (по формулировке Закона РФ об образовании – совокупность взаимодействующих преемственных образовательных программ и государственных образовательных стандартов различного уровня и направленности; сети реализующих их образовательных учреждений; органов управления образованием и подведомственных им учреждений и организаций). Она управляется государством в лице Правительства РФ, Федерального собрания и т.д., и состоит, в свою очередь, из *органов управления образованием, инфраструктуры системы образования* (научно-методические центры, ресурсные центры, ремонтные, снабженческие службы и т.д.), и образовательной сети (см. рисунок 1);

- *образовательная сеть (ОС)* – совокупность образовательных программ и реализующих их образовательных учреждений.

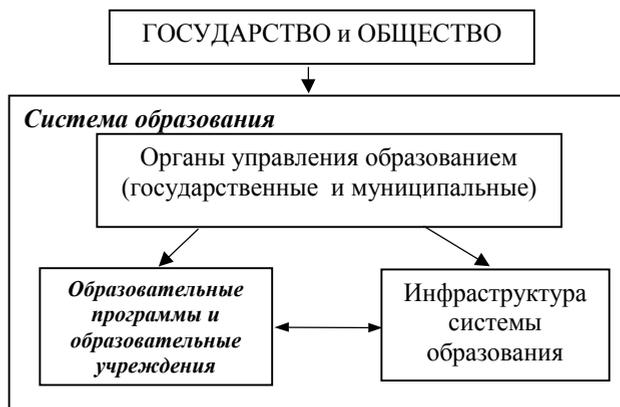


Рис. 1. Объекты и субъекты управления

Напомним, что различают основные и дополнительные общеобразовательные программы (программы: дошкольного образования, начального общего образования, основного общего образования, среднего (полного) общего образования) и профессиональные программы (программы: начального профессионального образования, среднего профессионального образования, высшего профессионального образования, послевузовского профессионального образования).

Таким образом, для системы образования субъектом управления являются государство и общество, а для образовательной сети – органы управления образованием.

Под *образовательной сетью* соответствующего уровня будем понимать совокупность образовательных учреждений (ОУ), реализующих преемственные образовательные программы различного уровня и направленности.

Как любая система, образовательная сеть (ОС) характеризуется: *составом* (совокупность элементов), *структурой* (связи между элементами), *целями и функциями*. Кроме того, опять же как и любая система, ОС функционирует в некоторой внешней среде и описывается *ограничениями*, накладываемыми внешней средой, например, государственными образовательными стандартами, требованием доступности образования и т.д.

Единицей ОС с позиции управления следует считать *образовательное учреждение* (характеристиками которого являются: набор *образовательных программ* (ОП), пропускная способность ОП, их цена и качество и др. – см. более подробно ниже). Следует отдельно отметить, что органы управления образованием (ОУО) (региональные, муниципальные и др., а также органы управления собственно образовательных учреждений) не выполняют образовательной функции и должны рассматриваться как координирующие и «обеспечивающие». Это необходимо оговорить особо в виду сложившейся отрицательной традиции «вмешательства» работников органов управления в несвойственные им функции.

Выделим три типа структуры ОС (три основания для группировки образовательных учреждений в образовательную сеть):

- *территориальная структура*: Федерация, регионы, субрегионы, межмуниципальные образования, муниципалитеты;

- *уровневая структура*: дошкольные, общеобразовательные, профессиональные ОУ трех уровней и т.д.;

- *профильная структура*: для общеобразовательных ОУ – профильность, ОУ для инвалидов, сирот и т.д., для профессиональных ОУ – профильная направленность специальностей и профессий в соответствии с потребностями территориальных рынков труда.

**Основная функция образовательной сети и предметы управления.** С позиций общей теории систем, рассматривая ОС

как преобразование «вход-выход», получаем, что основной является следующая функция: оказание образовательных услуг<sup>1</sup> по различным образовательным программам и уровням образования. Характеристики функций:

- количественная (сколько обучили);
- качественная (как обучили).

С точки зрения внешней среды, на входе ОС – спрос на образовательные услуги (со стороны населения, экономики, общества). На выходе – спрос<sup>2</sup> на выпускника ОУ со стороны личности и общества (рассматривая государство, экономику, социальную сферу как производные от потребностей общества). С точки зрения самой ОС она осуществляет и формирует предложение образовательных услуг (на своем входе) и предложение выпускников (на своем выходе).

*Целью* ОС является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса и предложения на образовательные услуги и выпускников.

Детализировав компоненты модели образовательной сети, получаем возможность перечислить предметы управления.

Исходя из вышесказанного, предметами управления являются:

1) *спрос* (согласование спроса и предложения) *на образовательные услуги* (непосредственное управление – информация, пропаганда, профориентация и т.п.; опосредованное управление – через управление спросом выпускников, например, за счет опережающей подготовки кадров для интенсивно развивающихся отраслей народного хозяйства);

2) *спрос* (согласование спроса и предложения) *на выпускников*;

С точки зрения первых двух предметов управления одной из основных целей управления является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных институциональных ограничений и существующего ресурсного обеспечения в террито-

---

<sup>1</sup> Так как ОУ осуществляет обучающую, воспитательную и другие функции, под образовательными услугами будем обобщенно понимать их совокупность.

<sup>2</sup> Образовательные учреждения также являются элементами экономики региона, поэтому часть спроса на выпускников составляет спрос со стороны образовательных учреждений, реализующих образовательные программы более высокого уровня (см. потоковую модель ниже).

риальном, отраслевом и уровневом аспектах. Отметим, что первые два предмета управления являются по отношению к управляемой образовательной сети *внешними* и основными, а остальные (перечисляемые ниже) – *внутренними* (вспомогательными).

3) *состав образовательных учреждений*;

4) *структура образовательной сети* (в целом, включая ОС, органы управления образованием и инфраструктуру);

5) *ограничения деятельности образовательных учреждений (институциональные и ресурсные (мотивационные, кадровые, финансовые и т.д.))*;

6) *ресурсное обеспечение ОУ*: мотивационное, кадровое, научно-методическое, финансовое, материально-техническое, нормативно-правовое, информационное;

Таким образом, перечисленные предметы управления охватывают все существенные характеристики любой системы: цели, состав, структура, функции и ограничения.

Перечислив предметы управления, необходимо определить *эффективность функционирования* ОС (которая определяется эффективностью выполнения ею основных функций при заданных управлениях и ограничениях) и *эффективность управления* ОС, понимаемую как эффективность функционирования ОС при данных управлениях. Отметим, что в рамках последнего тезиса эффективность управления ОС определяется эффективностью ее функционирования, а эффективность деятельности органов управления образованием определяется эффективностью функционирования управляемых объектов.

Следовательно, можно выделить следующий общий принцип эффективного функционирования системы управления образованием: **целью образовательной сети является согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных требований к качеству образования (в том числе – государственных образовательных стандартов), институциональных ограничений и существующего ресурсного обеспечения в территориальном, отраслевом и уровневом аспектах.**

**Описание образовательной сети.** Как отмечалось выше, описание ОС заключается, во-первых, в перечислении элементов ОС и организационно-экономических связей между ними – *структурное*

*описание*, и, во-вторых, в описании функций, выполняемых совокупностью элементов ОС по реализации общих целей функционирования ОС – *функциональное описание*. Рассмотрим последовательно структурное и функциональное описание.

**Структурное описание образовательной сети. Транспортная доступность образования.** Выше были выделены территориальные, отраслевые и профильные структуры. Кроме этого целесообразен такой аспект рассмотрения как транспортная доступность ОУ. С этой точки зрения можно выделить *территориальные сети* (ТС) – совокупности образовательных программ и реализующих их *образовательных учреждений*<sup>1</sup> (ОУ), обслуживающие в условиях низкой миграции населения некоторую территорию, обособленную с точки зрения спроса и предложения на образовательные услуги и выпускников соответствующих ОУ. Отметим, что не всегда локализация спроса соответствует административно-территориальному делению<sup>2</sup>. Этим, в частности, очевидно, продиктовано происходящее в настоящее время в экспериментальном порядке формирование межмуниципального и субрегионального уровней управления.

Следовательно, с точки зрения транспортной доступности (для населения) основным структурным элементом ОС является территориальная сеть.

Необходимость выделения в качестве основного звена региональной сети именно ТС обусловлена следующими факторами. С одной стороны, проведение маркетинговых и других исследова-

---

<sup>1</sup> Напомним, что к образовательным учреждениям относятся учреждения следующих типов: дошкольные, общеобразовательные, учреждения начального профессионального, среднего профессионального, высшего профессионального и послевузовского профессионального образования, учреждения дополнительного образования взрослых, специальные (коррекционные), учреждения дополнительного образования, учреждения для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, учреждения дополнительного образования детей, а также другие учреждения, осуществляющие образовательный процесс.

<sup>2</sup> Например, в отношении транспортной доступности для дошкольника и младшего школьника – это микрорайон, где он может от дома до ОУ добраться пешком (с родителями), а Москва и Московская область образуют единую территориальную сеть для студентов, поскольку любой житель может, в принципе, добраться до любого образовательного учреждения. В то же время, например, Красноярский край представляет собой множество территориальных сетей: житель Норильска не будет каждый день летать на учебу в Красноярск, за несколько тысяч километров.

ний, необходимых для выживания образовательного учреждения в условиях рыночной экономики, зачастую бывает не под силу отдельному ОУ. Кроме того, во многих случаях, как с экономической точки зрения, так и с точки зрения качества образования, целесообразно частичное объединение материально-технического, информационного и других видов обеспечения успешного функционирования ОУ. Объектами такого объединения могут служить, например, *ресурсные центры* (РЦ). Таким образом, представляется, что именно трехуровневая модель региональной ОС (региональная сеть – ТС – ОУ) является рациональной с точки зрения уровня централизации управления, обеспечивающего эффективное ее функционирование с учетом экономических, организационных и информационных факторов, а также, естественно, факторов качества образования и удовлетворения спроса на образовательные услуги и выпускников в регионе.

Необходимо отметить, что классификация ОУ может и должна производиться не только по их территориальному расположению, но и по типу оказываемых образовательных услуг (а также по другим критериям – ведомственной принадлежности, формам собственности и т.д.). Поэтому, например, в рамках региональной и/или территориальной сети можно выделять следующие сети (каждая из которых также имеет трехуровневую структуру и может рассматриваться независимо только в первом приближении):

- сеть учреждений дошкольного воспитания;
- сеть учреждений общего среднего образования – в том числе, с учетом профильности;
- сети учреждений начального, среднего, высшего профессионального образования, каждая из которых с учетом профилей профессий и специальностей;
- сеть учреждений дополнительного образования;
- сеть учреждений повышения квалификации.

**Функциональное описание образовательной сети.** Каждая ОС осуществляет две взаимосвязанных *функции*: внешнюю (**основную** – оказание образовательных услуг) и внутреннюю (**вспомогательную**, обеспечивающую собственное существование и развитие). Реализация *внешней функции* – удовлетворение спроса на образовательные услуги, спроса на выпускников и выполнение социально-воспитательной функции – не должна противоречить

внешним институциональным ограничениям: совокупности правовых норм (федерального, регионального и местного уровня, а также документам, принятым самим ОУ – его Уставу и др.), регламентирующих функционирование ОС.

В частности, можно выделить следующий общий принцип эффективного функционирования системы управления образованием: важнейшим институциональным ограничением является обязанность ОС реализовывать право граждан на бесплатное<sup>1</sup> образование.

Среди институциональных ограничений следует рассматривать и обеспечение *качества образования*, понимаемого с точки зрения органов управления образованием как степень соответствия государственным образовательным стандартам (с точки зрения потребителей образовательных услуг требования к качеству образования могут быть другими). То есть, каждый орган системы управления образованием несет ответственность за качество образовательных услуг, предоставляемых управляемыми им ОС.

Следует иметь в виду, что в соответствии с семейством международных стандартов ISO управление качеством подразумевает, в том числе и в первую очередь, обеспечение *качества процесса* производства товара или услуги.

Обеспечение качества продукции на основе процедур обеспечения качества на каждой стадии её жизненного цикла в международном стандарте ISO 8402 получило название «петли качества». Определим «петлю качества» для непосредственных производителей образовательных услуг, которая состоит из следующих элементов:

- изучение потребностей рынков труда и образовательных услуг;
- набор абитуриентов;
- формирование программ и методов обучения;
- обеспечение обучения ресурсами;
- организация процесса обучения;

---

<sup>1</sup> Реализация права на бесплатное образование является минимальным требованием, более общим является требование реализации права на образование (в том числе – платное).

- аттестация выпускников, присвоение квалификации выпускникам;

- мониторинг трудоустройства выпускников (для общеобразовательной школы – мониторинг дальнейшей «судьбы» выпускников – продолжение образования в учреждениях начального, среднего, высшего профессионального образования, в том числе по профессиям, необходимым в территории, трудоустройство, в т.ч. по профессиям, приоритетным для социально-экономического развития территории).

Помимо институциональных ограничений, существуют внутренние ограничения, то есть для реализации *внутренней функции* ОС необходимо следующее ресурсное обеспечение (см. рисунок 2):

- материально-техническое,
- финансовое,
- организационное,
- кадровое,
- научно-методическое,
- нормативно-правовое
- информационное.



Рис. 2. Ресурсное обеспечение

Выше рассматривались образовательные сети как объединения относительно независимых ОУ. С ростом степени интеграции ОУ образовательная сеть или ее часть может превращаться в образовательный комплекс, к обсуждению специфики которого мы и переходим.

## 1.2. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Так как на сегодняшний день в литературе отсутствует устоявшееся определение образовательного комплекса (ОК), то далее в первой главе вводится определение и типология образовательных комплексов, проводится обзор известных моделей и методов управления образовательными системами, а затем формулируются задачи теоретического исследования, проводимого во второй главе.

Под *образовательным комплексом* (ОК) будем понимать объединение образовательных учреждений, называемых элементами или компонентами ОК. Образовательный комплекс целесообразно рассматривать с точки зрения трех **критериев** (см. рисунок 3), отражающих различные основания для объединения образовательных учреждений:

- *степень горизонтальной интеграции*, характеризующей число реализуемых в нем образовательных программ одного уровня;

- *степень вертикальной интеграции*, характеризующей число реализуемых в нем образовательных программ различных (последовательных) уровней;

- *степень организационной интеграции*, характеризующей самостоятельность или несамостоятельность (в том числе – юридическую) образовательных учреждений, входящих в образовательный комплекс.

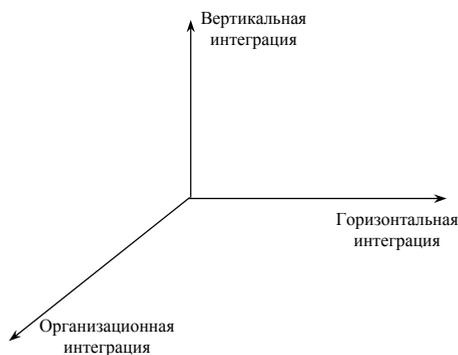


Рис. 3. Критериальное пространство

Таким образом, степень горизонтальной и вертикальной интеграции характеризуют содержательный аспект – согласованность и преемственность образовательных программ (что существенно, так как, например, в [15] рассматривается горизонтальная и вертикальная интеграция образовательных учреждений, а не образовательных программ), в то время как степень организационной интеграции отражает самостоятельность образовательных учреждений, входящих в образовательный комплекс, то есть степень их экономической и административной самостоятельности.

Отметим, что введенное определение не учитывает интеграции образования и науки, или образования и производства. Тем самым мы сознательно ограничиваем рассмотрение лишь образовательными комплексами, исключая научно-образовательно-производственные комплексы [9], обладающие своей спецификой.

Образовательный комплекс с высокой степенью организационной интеграции компонентов назовем *образовательным холдингом*. Образовательный комплекс с низкой степенью организационной интеграции компонентов назовем *объединением образовательных учреждений*.

Если каждый из трех критериев может принимать два значения – высокая или низкая степень интеграции – получаем типологию образовательных комплексов – 8 вариантов, перечисленных в таблице 1.

Таблица 1

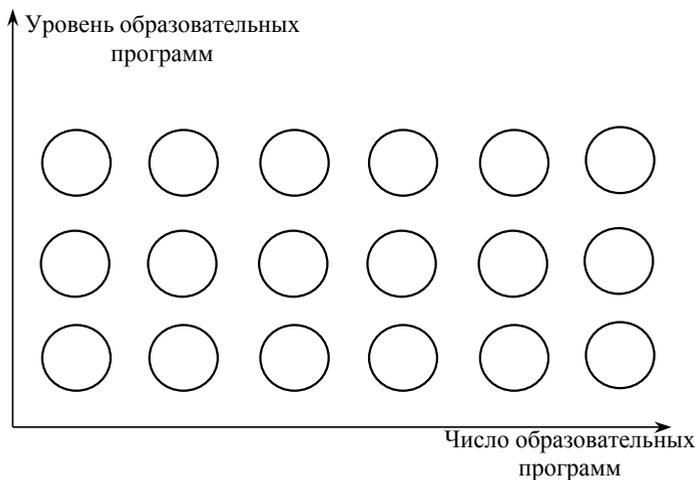
## Типы образовательных комплексов

№	Горизонтальная интеграция	Вертикальная интеграция	Организационная интеграция	Примеры
1	Низкая	Низкая	Низкая	Сеть образовательных учреждений
2	Высокая	Низкая	Низкая	Объединение горизонтально интегрированных образовательных учреждений
3	Низкая	Высокая	Низкая	Объединение вертикально интегрированных образовательных учреждений
4	Низкая	Низкая	Высокая	"Холдинг" образовательных учреждений
5	Низкая	Высокая	Высокая	Холдинг вертикально интегрированных образовательных учреждений
6	Высокая	Низкая	Высокая	Холдинг горизонтально интегрированных образовательных учреждений
7	Высокая	Высокая	Низкая	Объединение образовательных учреждений с полной интеграцией образовательных программ
8	Высокая	Высокая	Высокая	Холдинг с полной интеграцией образовательных программ

Обсудим характеристики образовательных комплексов, приведенных в таблице 1.

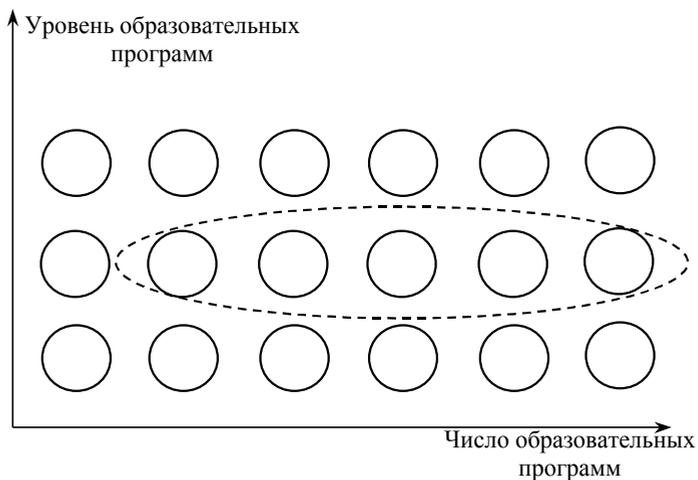
1. Образовательный комплекс, в котором отсутствует какая-либо интеграция образовательных учреждений. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 4. Кружками обозначены образовательные программы, реализуемые образовательными учреждениями, входящими в образовательный комплекс.

Примером образовательного комплекса первого типа является наиболее распространенная на сегодняшний день сеть разноуровневых образовательных учреждений региона, города, муниципального образования и т.д.



*Рис. 4. Образовательный комплекс первого типа*

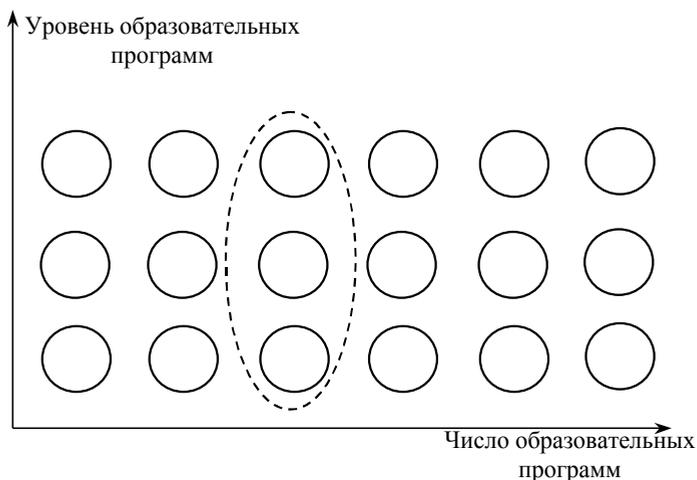
2. Объединение горизонтально интегрированных образовательных учреждений. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 5, его границы выделены пунктиром.



*Рис. 5. Образовательный комплекс второго типа*

Горизонтальная или вертикальная интеграция, в отсутствие организационной интеграции, на практике реализуются в виде методических объединений, или выделяются по административно-территориальному признаку – например объединение учреждений начального профессионального образования региона – и имеют характер "клуба по интересам", в котором координация осуществляется на уровне методического обеспечения и обмена опытом. Примером образовательного комплекса второго типа является сеть образовательных учреждений, например, начального профессионального образования региона<sup>1</sup>.

3. Объединение вертикально интегрированных образовательных учреждений. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 6.



*Рис. 6. Образовательный комплекс третьего типа*

<sup>1</sup> Традиционно сложилось, что УНПО и УСПО создавались при отдельных предприятиях, поэтому они сравнительно малочисленны: УНПО – в среднем 300-500 учащихся, УСПО – 800-1000 учащихся (для сравнения, в Великобритании или США колледжи создаются по территориальному признаку и насчитывают 20-25 тысяч студентов). Сейчас в России наблюдается тенденция объединения нескольких УНПО, УСПО в одно крупное ОУ, которое имеет несколько территориальных отделений.

Типичным примером объединения вертикально интегрированных образовательных учреждений является цепочка "школа-лицей-колледж-вуз", в которой главенствующую роль играет, как правило, играет высшее учебное заведение, согласовывая образовательные программы нижележащих уровней со своими требованиями к абитуриенту. Именно вузы, в большинстве случаев, стоят "в основании" образовательных комплексов, и это является в России традицией еще с начала XIX века, когда университеты становились во главе управления учебным округом [135].

4. "Холдинг" образовательных учреждений – объединенные организационно (как правило, административно) образовательные учреждения, реализующие набор слабо связанных образовательных программ различного уровня (в отсутствии горизонтальной и вертикальной интеграции).

Комплексы такого типа могут формироваться из холдингов первого типа при усилении административного влияния. Они являются примером бессмысленности объединения, когда последнее реализуется либо ради чьих-то амбиций, либо для отчета о следовании современным тенденциям управления образовательными системами. К сожалению, на практике такие "забавные гибриды" иногда встречаются, хотя привести рационального объяснения целесообразности их существования невозможно.

5. Вертикально интегрированный холдинг. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 6 (напомним, что на рисунках мы не отражаем степень организационной интеграции).

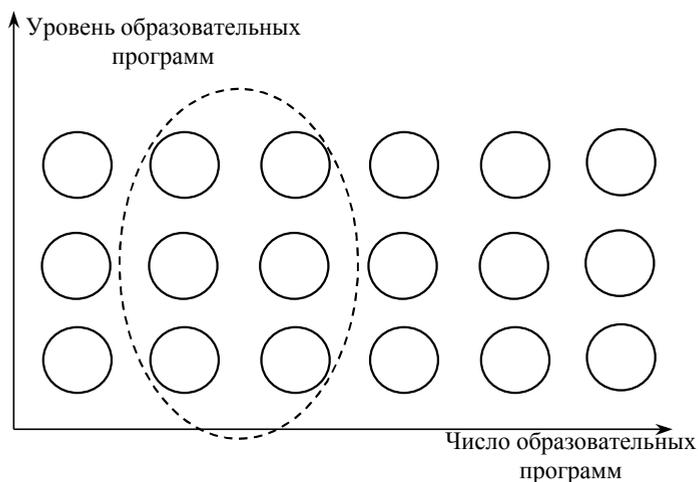
Типичным примером вертикально интегрированного холдинга является выстраиваемая под эгидой отраслевого вуза (педагогического, строительного и т.д.) цепочка "школа (при вузе) – колледж (при вузе) – вуз", иногда называемая *университетским комплексом в узком смысле*, так как отраслевая специфика вуза доминирует и разнообразие образовательных программ одного уровня невелико.

6. Горизонтально интегрированный холдинг. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 5 (напомним, что на рисунках мы не отражаем степень организационной интеграции).

Горизонтально интегрированные холдинги возникают в процессе административного объединения (укрупнения, слияния и

т.д.) образовательных учреждений, реализующих различные образовательные программы одного уровня.

7. Объединение образовательных учреждений с полной интеграцией образовательных программ является симбиозом объединений образовательных учреждений с горизонтальной и вертикальной интеграцией, то есть образовательных комплексов второго и третьего типа. Условный вид структуры такого комплекса приведен на рисунке 7.



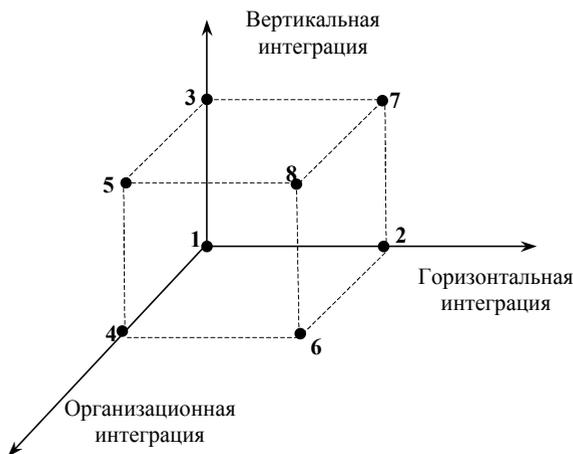
*Рис. 7. Образовательный комплекс седьмого типа*

Как правило, в условиях отсутствия организационной интеграции согласование различных образовательных программ затруднительно, поэтому рассматриваемый тип образовательного комплекса встречается на практике достаточно редко.

8. Холдинг с полной интеграцией образовательных программ отличается от образовательного комплекса седьмого типа наличием существенной организационной интеграции и имеет структуру, условный вид которой приведен на рисунке 7 (напомним, что на рисунках мы не отражаем степень организационной интеграции). Наверное, полноценным *университетским комплексом* является именно образовательный холдинг восьмого (иногда, быть может,

при ослабленной роли самого комплексобразующего ядра – университета – седьмого) типа.

Завершив краткое описание различных типов ОК, проанализируем соотношение между их свойствами, что позволяет понять возможные причины и «траектории» их возникновения и развития. Для этого достаточно рассмотреть рисунок 8, на котором точками обозначены типы ОК (их номера, соответствующие таблице 1).



*Рис. 8. Образовательные комплексы различных типов в критериальном пространстве*

В общем случае нельзя сказать, что "чем выше степень любой интеграции, тем лучше" – в каждом конкретном случае следует искать рациональную их комбинацию.

**Институциональные ограничения.** В "Основных направлениях социально-экономической политики Правительства РФ на долгосрочную перспективу" [123] были предложены три модели взаимодействия учебных заведений:

- создание комплекса как университетского образовательного округа (не имеющего статуса юридического лица), в котором университет играет роль центра методического обеспечения образовательных учреждений различных уровней, повышения квалификации преподавателей в регионе, формирует

- развитую информационную образовательную среду, ведет целевую подготовку кадров для производственной и социальной сферы региона; при этом все учреждения, входящие в состав округа, сохраняют юридическую самостоятельность;
- формирование комплекса как юридического лица в форме объединения образовательных, научных, производственных и других структур различных форм собственности, сохраняющих статус юридических лиц;
  - создание комплекса как одного единого юридического лица – автономного учебного заведения, в котором объединены подразделения, реализующие образовательные программы различных уровней (лицей, гимназии, колледжи, институты, учреждения дополнительного профессионального образования), НИИ и КБ, производственные и другие подразделения, объекты социальной сферы.

Эти положения закреплены Постановлением Правительства РФ "Об университетских комплексах" то 17 сентября 2001 года № 676, в котором пункт 12 Типового положения об образовательном учреждении высшего профессионального образования (высшем учебном заведении) Российской Федерации гласит:

"С целью повышения эффективности и качества образовательного процесса, использования интеллектуальных, материальных и информационных ресурсов для подготовки специалистов и проведения научных исследований по приоритетным направлениям развития образования, науки, культуры, техники и социальной сферы на базе университета может создаваться университетский комплекс, объединяющий образовательные учреждения, которые реализуют образовательные программы различных уровней, иные учреждения и некоммерческие организации или выделенные из их состава структурные подразделения".

Отметим, что выше речь идет только лишь об университетских комплексах, в то время как рассматриваемая в настоящей работе модель охватывает интеграцию любых образовательных учреждений (не обязательно включающих университет<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> На сегодняшний день в России университеты заканчивает примерно 20% населения, «проходят» через систему образования практически все.

**Причины появления образовательных комплексов.** Рассмотрим общие причины, побуждающие отдельные образовательные учреждения (ОУ) объединяться и формировать ОК (административные «причины» мы не рассматриваем, так как созданный «насиленно» – чьими-то административными амбициями, постановлением сверху, без естественных показаний к его образованию – образовательный комплекс обречен на неэффективную деятельность – поглощая ресурсы создавшей его метасистемы, он не будет давать адекватной отдачи).

Причины появления образовательных комплексов можно разделить на две группы – «образовательные» и «экономические». Основанием классификации является цель ОС – удовлетворение спроса в рамках заданных ограничений (см. выше). Первая группа причин, объясняющих возникновение ОК с точки зрения системы образования – удовлетворения спроса (включая повышение эффективности, качества образования и т.д.) – рассматривается в следующем разделе. Ниже в настоящем разделе рассматривается вторая группа причин, объясняющих возникновение ОК с точки зрения экономической эффективности – возможности более полного удовлетворения спроса с меньшими затратами ресурсов.

С точки зрения современной экономической теории рациональный размер организации определяется балансом организационных и транзакционных издержек [91, 107, 108, 113]. *Транзакционные издержки* обусловлены необходимостью получения информации, координации деятельности и т.д. Они максимальны в условиях полностью децентрализованного рынка и уменьшаются с ростом размера организации, которая создает своим участникам условия для эффективного взаимодействия. *Организационные издержки* (издержки институализации, координации, организации, контроля и т.д.) наоборот, минимальны в случае рынка и растут с увеличением размера и возрастанием роли организации. Поэтому «организационные издержки мешают организации вытеснить рынок», а «транзакционные издержки мешают рынку заместить собой организацию» [91, 107].

Понятно, что существует размер организации, при котором сумма организационных и транзакционных издержек минимальна (соответствующие модели рассматриваются во второй главе настоящей работы).

Если у набора образовательных учреждений трансакционные издержки превышают организационные, то они (или орган управления образованием) будут стремиться к организационной интеграции, быть может, путем создания образовательного комплекса. И наоборот, если в образовательном комплексе организационные издержки превышают трансакционные, то возникают центробежные тенденции – отдельные ОУ могут стремиться выйти из состава ОК. Модели, а также более подробное обсуждение свойств рациональной централизации в организационных системах, можно найти в [107, 108].

Кратко обсудив «экономические» предпосылки возникновения образовательных комплексов, перейдем к анализу «образовательных» предпосылок.

### **1.3. ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ И КОМПЛЕКСОВ**

Для формулировки принципов развития образовательных комплексов возьмем предложенную в [102, 104] типологию основных идей, принципов развития образования и условий их реализации, и затем учтем (добавим) в них специфику образовательных комплексов.

#### **Совокупность основных идей развития образования:**

1. Гуманизации образования.
2. Демократизации образования.
3. Опережающего образования.
4. Непрерывного образования.

Основание классификации идей: субъекты, на которые направлены цели образования ("потребители" образования): личность (идея гуманизации), общество (идея демократизации), производство (идея опережающего образования), сама сфера образования – рефлексия (идея непрерывного образования).

#### **1. ИДЕЯ ГУМАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

##### Принципы развития:

- 1.1. Гуманизации образования.
- 1.2. Фундаментализации образования.
- 1.3. Деятельностной направленности образования.
- 1.4. Национального характера образования.

Основание классификации принципов: убеждения личности, включающие ее мировоззрение и стремление к его реализации и объединяющие: эмоциональные (гуманизация), интеллектуальные (фундаментализация) и волевые (деятельностная направленность) компоненты личности; национальный менталитет как интегративная характеристика убеждений личности (национальный характер образования).

### 1.1. Условия развития принципа гуманизации образования:

1.1.1. Улучшение эстетического обучения и воспитания учащихся и студентов.

1.1.2. Улучшение этического обучения и воспитания учащихся и студентов.

1.1.3. Улучшение экономического обучения и воспитания учащихся и студентов.

1.1.4. Улучшение экологического обучения и воспитания учащихся и студентов.

1.1.5. Улучшение правового обучения и воспитания учащихся и студентов.

Основание классификации условий: психические отношения личности: к себе (эстетическое...), к другим людям, обществу (этическое...), к производству (экономическое...), к природе (экологическое), к государству (правовое...).

### 1.2. Условия реализации принципа фундаментализации образования:

1.2.1. Сохранение ядра общего среднего образования.

1.2.2. Обучение учащихся и студентов базисным квалификациям.

1.2.3. Усиление общеобразовательных компонентов в профессиональных образовательных программах.

1.2.4. Переход профессиональной школы на подготовку специалистов широкого профиля.

1.2.5. "Университетизация" высшей школы, "колледжизация" начальной и средней профессиональной школы.

1.2.6. Модульное построение содержания образования (интегративный вариант как один из возможных).

1.2.7. Усиление научного потенциала школы.

1.2.8. Методологическая подготовка обучающихся.

Основание классификации условий – содержание образования: в аспекте содержания – виды, направленность подготовки – общеобразовательная (1.2.1; 1.2.3), политехническая (1.2.2), специальная (1.2.4), научно-исследовательская (1.2.7), методологическая (1.2.8); в аспекте структуры организации содержания (1.2.5; 1.2.6).

### 1.3. Условия реализации принципа деятельной направленности образования:

1.3.1. Соединение формирования теоретических знаний учащихся и студентов с их практическими потребностями, ценностными ориентациями.

1.3.2. Совершенствование системы знаний, определяющих деятельность направленность личности.

1.3.3. Формирование умений на уровне тактики и стратегии интегративной деятельности.

Основание классификации условий: умения осуществления интегративной профессиональной деятельности как высшее звено опыта личности: знания, определяющие деятельность направленность личности (1.3.1; 1.3.2); умения на уровне тактики и стратегии профессиональной деятельности (1.3.3).

1.4. Условие реализации принципа национального характера образования: построение системы воспитательной работы на основе национальной идеи России; учет особенностей национального менталитета в содержании обучения.

## **2. ИДЕЯ ДЕМОКРАТИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ**

### **Принципы развития:**

2.1. Самоорганизация учебной деятельности учащихся и студентов.

2.2. Сотрудничества педагогов и обучаемых.

2.3. Открытости образовательных учреждений.

2.4. Многообразия образовательных систем.

2.5. Регионализации образования.

2.6. Равных возможностей.

2.7. Общественно-государственного управления.

Основание классификации принципов – уровни организации и управления: учащийся, студент (самоорганизации), педагог (сотрудничества), учреждение образования (открытости), система образования (многообразия), регион (регионализация), страна в целом в двух аспектах: в аспекте общества (равных возможностей) и в аспекте государства (общественно-государственного управления).

### 2.1. Условия реализации принципа самоорганизации:

2.1.1. Переход из позиции "педагог ведет учащегося, студента за собой" в позицию "обучаемый идет вперед".

2.1.2. Сокращение аудиторной учебной нагрузки учащихся и студентов.

Основание классификации условий: пара категорий диалектики: внутреннее (изменение позиции...), внешнее (сокращение учебной нагрузки).

2.2. Условие реализации принципа сотрудничества: изменение позиции педагога из позиции "над обучаемым" к позиции "вместе с обучаемым".

2.3. Условия реализации принципа открытости образовательных учреждений:

2.3.1. Развитие рыночных отношений в системе образования (развитие рынка образовательных услуг).

2.3.2. Развитие открытых связей с социальными и зарубежными партнерами.

Основание классификации условий: пара категорий диалектики: внутреннее (рыночные отношения), внешнее (открытые связи).

2.4. Условия реализации принципа многообразия образовательных систем:

2.4.1. Дифференциация образовательных программ.

2.4.2. Индивидуализация образовательных программ.

2.4.3. Многоукладность образовательных учреждений.

2.4.4. Многообразие типов образовательных учреждений.

Основание классификации условий: пара категорий диалектики: содержание (дифференциация и многоукладность) и форма. В свою очередь содержание: для групп людей (дифференциация), для каждого человека (индивидуализация). Форма – принципы рынка: собственность (многоукладность), право свободной предпринимательской деятельности (многообразие типов...).

2.5. Условия реализации принципа регионализации образования:

2.5.1. Введение национально-региональных компонентов содержания образования.

2.5.2. Переход образовательных учреждений от отраслевой к региональной ориентации.

2.5.3. Расширение культурообразующих функций образовательных учреждений в своих регионах.

2.5.4. Вхождение образовательных учреждений в региональное образовательное пространство.

2.5.5. Разработка долгосрочных региональных программ развития образования.

Основание классификации условий – структура деятельности образовательных учреждений в регионах: перспективы (2.5.5), цели (специальные – 2.5.2, общие – 2.5.3), содержание (2.5.1), методы (2.5.4).

2.6. Условия реализации принципа равных возможностей:

2.6.1. Усиление роли государства в регулировании образовательных возможностей, предоставляемых каждому человеку.

2.6.2. Посильность образовательных стандартов.

2.6.3. Развитие элитарного образования.

2.6.4. Социальная защита нуждающихся.

2.6.5. Обучение инвалидов.

Основание классификации условий – пара категорий диалектики: общее (всеобщее) – (2.6.1) и единичное (2.6.2 – 2.6.5). В свою очередь единичное – четыре основных категории молодежи и взрослого населения: одаренные (элитарность), средние (посильность), инвалиды, лица, нуждающиеся в социальной защите.

2.7. Условия развития принципа общественно-государственного управления:

2.7.1. Развитие демократических механизмов финансирования образования.

2.7.2. Введение демократических механизмов руководства.

2.7.3. Введение демократических механизмов контроля качества образования.

Основание классификации условий – основные механизмы в общей теории управления: финансирование, руководство, контроль.

### **3. ИДЕЯ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

#### **Принципы развития:**

3.1. Опережающего потребности производства уровня образования населения.

3.2. Опережающей подготовки кадров для регионов.

3.3. Саморазвития личности обучаемого (учащегося, студента, слушателя, курсанта).

Основание классификации принципов – субъекты, имеющие отношение к производству: общество (опережающего уровня), регион (опережающей подготовки кадров), личность (саморазвития).

3.1. Условие реализации принципа опережающего уровня образования населения: увеличение численности учащихся полной средней школы и студентов профессиональных образовательных программ всех уровней.

3.2. Условия реализации принципа опережающей подготовки кадров для регионов:

3.2.1. Заблаговременная подготовка и переподготовка специалистов по перспективным для регионов профессиям.

3.2.2. Создание профессиональными образовательными учреждениями в своей структуре рабочих мест для выпускников по перспективным для региона профессиям.

Основание классификации условий – пара категорий диалектики: внешнее (3.2.1), внутреннее (3.2.2).

### 3.3. Условия реализации принципа саморазвития личности:

3.3.1. Саморазвитие интеллектуальной сферы личности обучаемых.

3.3.2. Саморазвитие волевой и эмоциональной сферы личности обучаемых.

3.3.3. Саморазвитие сенсорно-двигательной сферы личности обучаемых.

Основание классификации условий – сферы личности: интеллектуальная, волевая, эмоциональная, сенсорно-двигательная.

## **4. ИДЕЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

### **Принципы развития:**

4.1. Базового образования.

4.2. Многоуровневости образовательных программ.

4.3. Дополнительности (взаимодополнительности) базового и последипломного образования.

4.4. Маневренности образовательных программ.

4.5. Преемственности образовательных программ.

4.6. Интеграции образовательных структур.

4.7. Гибкости организации форм образования (обучения).

Основания классификации принципов: пара категорий диалектики: содержание (4.1 – 4.5) и форма организации (4.6; 4.7). В свою очередь подсистема содержания делится: состав подсистемы в составляющих: базовое образование, многоуровневость, последипломное (дополнительности) и переподготовка, смена направления (маневренности); структура подсистемы, ее структурные связи (преемственности). Подсистема форм организации – основание – целостность подсистемы: ее состав (интеграции) и ее функции (гибкости организационных форм).

4.1. Условие реализации принципа базового образования: создание основы для дальнейшего движения человека в образовательном пространстве по всем возможным векторам.

4.2. Условие реализации принципа многоуровневости: введение образовательных программ многих уровней и ступеней.

4.3. Условия реализации принципа дополнительности (взаимодополнительности) базового и последипломного образования:

4.3.1. Доподготовка и переподготовка специалиста для работы на конкретном рабочем месте.

4.3.2. Формирование самосознания личности.

4.3.3. Периодическое изучение (освоение) новинок науки, техники, технологии.

4.3.4. Развитие неформального образования взрослых.

Основание классификации условий – временные этапы (характеристики) последипломного образования: одномоментное, эпизодическое (доподготовка и переподготовка); постоянное (формирование самосознания); периодическое (изучение новинок...). Интегративный вариант – развитие неформального образования взрослых.

4.4. Условие реализации принципа маневренности образовательных программ: создание технологий "стыковки" содержания образовательных программ разных профилей, уровней и ступеней.

4.5. Условие реализации принципа преемственности образовательных программ: создание "сквозных" стандартов образования всех уровней и ступеней, "сквозного" содержания образовательных программ.

4.6. Условия реализации принципа интеграции образовательных структур:

4.6.1. Перевод нормативно-правовой базы образования с образовательных учреждений на образовательные программы.

4.6.2. Развитие интегративных образовательных учреждений (многоуровневых, многопрофильных и многофункциональных).

4.6.3. Создание единого регионального образовательного пространства.

4.6.4. Создание единого федерального образовательного пространства.

Основание классификации условий – уровни образовательных структур: образовательная программа, образовательное учреждение, система образования региона, система народного образования страны.

4.6. Условие реализации принципа гибкости организационных форм: развитие очной, заочной, вечерней форм обучения, открытого образования (обучения), экстерната и т.д.

**Причины возникновения и принципы развития образовательных комплексов.** Выше систематически перечислены общие идеи, принципы и условия развития образования. Теперь необходимо ответить на вопрос: что качественно нового с этой точки зрения (с точки зрения системы образования – экономические

аспекты мы кратко обсудили выше) появляется в ОК по сравнению с ОУ. Другими словами, любая идея, принцип, условие и т.д. могут с той или иной эффективностью реализовываться в ОУ. Что же нового с точки зрения эффективности развития появляется при переходе от ОУ к ОК?

Так как образовательные комплексы являются формой организации образовательных систем, то для них наиболее существенное значение имеют следующие (из перечисленных выше) принципы<sup>1</sup>:

- принцип открытости образования (2.3) – образовательные комплексы естественным образом образуются на рынке образовательных услуг как рациональный баланс между организационными и транзакционными издержками (см. выше);

- принцип многообразия образовательных систем (2.4) – в образовательных комплексах удается сочетать разнообразие как их элементов – образовательных учреждений, так и реализуемых ими образовательных программ;

- принцип регионализации образования (2.5) – как показывает опыт существования реальных ОК они в существенной мере отражают, ориентируются и формируют региональную и национальную образовательную политику;

- принцип общественно-государственного управления (2.7) – ОК, как специфическая организационная форма, позволяют централизовать управление и контроль как со стороны государства и общества, так и со стороны органов управления;

- принцип многоуровневости (4.2) – вертикальная интеграция образовательных программ является одной из ключевых характеристик ОК (см. раздел 1.2 выше);

- принцип маневренности ОП (4.4) – из кибернетики известно, что система, обладающая многообразием и избыточностью (в ОК она достигается, в том числе, за счет горизонтальной интеграции), является более гибкой;

- принцип преемственности ОП (4.5) – в условиях организационной интеграции проще координировать соответствие между ОП различных уровней;

---

<sup>1</sup> Так как ОК является формой организации образовательных систем, то аспект содержания образования мы не рассматриваем.

- принцип интеграции образовательных структур (4.6) является ключевой идеей существования образовательных комплексов;  
- принцип гибкости организационных форм (4.6) – см. также принцип маневренности – достигается в ОК за счет разнообразия вертикально и горизонтально интегрированных ОП, реализуемых ОУ с различными формами обучения.

Обсудив качественную специфику и условия развития образовательных комплексов, начнем детализировать модель ОК. Для этого сначала рассмотрим модель образовательной сети, и от нее перейдем уже к модели ОК.

#### 1.4. ПОТОКОВАЯ МОДЕЛЬ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Рассмотрим сначала упрощение приведенной выше общей модели образовательной сети (ОС), а именно так называемую «*потокową*» модель, в рамках которой основной акцент делается на рассмотрение потоков абитуриентов, учащихся и выпускников в сети ОУ. ОС (или ОУ или ОК – описываться они будут единообразно) может быть представлена следующим образом (см. рисунок 8). На входе ОС имеется абитуриент (со своими потребностями в образовательных услугах, интересами и ценностными ориентациями), на выходе – выпускник, осуществляющий предложение рабочей силы, или продолжающий образование в других ОУ.



Рис. 8. "Потокową" представление ОУ

Следовательно, для фиксированного момента времени и фиксированного набора образовательных программ важнейшей характеристикой ОС является ее *пропускная способность* (или *мощность*) – количество учащихся, которое обучается в данный

момент<sup>1</sup> (или может обучаться в некоторый момент времени) по данной образовательной программе (то есть предложение образовательных услуг и выпускников по этой образовательной программе<sup>2</sup>).

Предположим (для простоты), что имеется всего одна ОС, в которой производится обучение по одной образовательной программе. Обозначим через  $S$  ее пропускную способность. В соответствии с внешней моделью ОС, описанной выше, существует спрос  $D_E$  на образовательные услуги (demand for education) и спрос  $D_L$  на выпускников (demand for leavers), то есть потоковая модель рассматриваемой ОС имеет вид, представленный на рисунке 9.

Пусть ОС реализует единственную образовательную программу (случай нескольких образовательных программ рассматривается ниже). Тогда в соответствии с введенным выше критерием эффективности функционирования ОС, ее деятельность будет успешна, если имеет место баланс спроса на образовательные услуги, пропускной способности ОС и спроса на выпускников, то есть, если выполнено:

$$(1) D_E = S = D_L.$$

Уравнение (1), будучи записанным для одной ОС определенного уровня, должно также учитывать (в правой своей части) балансы потоков выпускников с учетом: продолжения их обучения в ОУ более высокого уровня, рынка труда и самозанятости.

---

<sup>1</sup> Ниже рассматривается статическое описание потоковой модели, то есть фиксируется некоторый момент времени и считается, что потоки стационарны, то есть не рассматриваются переходные процессы. Предлагаемый подход может быть использован (без существенных изменений и адаптации) и для динамических моделей ОС.

<sup>2</sup> Отметим, что в рамках рассматриваемой потоковой модели ОС для простоты считается, что отсев равен нулю, то есть все абитуриенты, поступившие на обучение по некоторой образовательной программе, успешно ее осваивают (другими словами, предложение образовательных услуг количественно совпадает с предложением выпускников). Отказ от этого предположения (учет отсева и т.д.) потребует введения соответствующих коэффициентов, но не изменит качественных свойств модели.

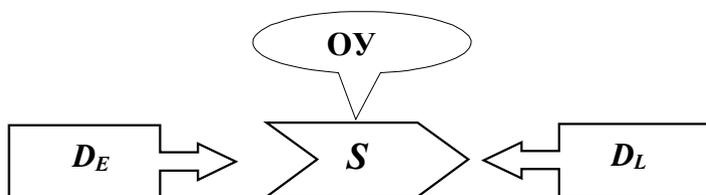


Рис. 9. "Потоковая" модель одного элемента ОС, осуществляющего обучение по одной образовательной программе

В балансовом уравнении (1) переменные спроса являются экзогенными с точки зрения ОС (если  $D_E \neq D_L$ , то, очевидно, не существует (в рассматриваемый момент времени без учета активной опережающей позиции ОС) пропускной способности  $S$ , удовлетворяющей уравнению (1)), то есть управляемой величиной является лишь пропускная способность ОС. Рассмотрим, от чего зависит эта величина, и как она может изменяться.

Для оказания образовательных услуг необходимо соответствующее ресурсное обеспечение<sup>1</sup>, которое мы обозначим  $R$ . Следовательно, пропускная способность зависит от ресурсного обеспечения<sup>2</sup>, то есть  $S = S(R)$ . Важной с точки зрения управления является также обратная зависимость  $R(S)$  – минимального количества ресурсов, требуемых для обеспечения заданной пропускной способности ОС.

Иногда целесообразно разделение финансовых и всех остальных (материальных, кадровых и др.) ресурсов. Если  $C$  – финансовые ресурсы, то зависимость  $C(R)$  может интерпретироваться как стоимость (сумма постоянных и переменных издержек) соответ-

<sup>1</sup> При рассмотрении ресурсных ограничений на функционирование ОУ необходимо принимать во внимание, что финансирование ОУ разных уровней может производиться из различных источников – федерального, регионального, местного бюджетов и т.д.

<sup>2</sup> Если спрос на образовательные услуги, выпускников и пропускная способность по данной образовательной программе являются скалярными величинами (то есть одномерными, измеряемые соответствующим числом людей), то ресурсы (и как их частный случай – затраты) могут быть векторными величинами. Детализировать их, то есть рассматривать их составляющие более подробно, здесь мы не будем.

вующих ресурсов. Имея зависимости  $R(S)$  и  $C(R)$  можно найти зависимость  $C(S) = C(R(S))$ , то есть взаимосвязь между пропускной способностью и требуемыми для ее обеспечения затратами. Важной с точки зрения управления является также обратная зависимость  $S(C)$  – пропускной способности ОС от затрат. Обозначим  $\mathcal{R}$  – ограничение на ресурсы ( $R \in \mathcal{R}$ ),  $\mathcal{E}$  – ограничение на затраты ( $C \in \mathcal{E}$ ).

Ограничения на ресурсы и затраты накладывают ограничение  $\Omega$  ( $\Omega = S(\mathcal{R})$  или  $\Omega = S(\mathcal{E})$ ) на пропускную способность ( $S \in \Omega$ ).

Таким образом, ключевыми для построения потоковой модели ОС являются зависимости, связывающие его пропускную способность с ресурсным обеспечением<sup>1</sup>.

В рамках этого утверждения становится понятно, что при известных зависимостях, связывающих пропускную способность с ресурсным обеспечением, учет отсева и т.д. может быть произведен введением поправочных коэффициентов, однозначно связывающих прием и выпуск учащихся с пропускной способностью ОС.

Имея все перечисленные зависимости и ограничения, можно формулировать и решать задачу оптимизации функционирования ОС, описываемой потоковой моделью.

Прямая задача управления (задача максимального удовлетворения спроса на образовательные услуги при заданных ресурсных ограничениях) формулируется следующим образом:

$$(2) |S - D_E| \rightarrow \min_{\{S | R(S) \in \mathcal{R}\}} .$$

Прямая задача максимального удовлетворения спроса на выпускников при заданных ресурсных ограничениях формулируется следующим образом:

$$(3) |S - D_L| \rightarrow \min_{\{S | R(S) \in \mathcal{R}\}} .$$

Обратная задача управления заключается в определении минимального количества ресурсов, необходимых для согласования

---

<sup>1</sup> Следует отметить, что эти зависимости могут в общем случае отражать возможность структурных изменений ОС (слияния ОУ, их разделения, создания новых, сокращения старых и т.д.).

пропускной способности ОС со спросом на образовательные услуги (или со спросом на выпускников)<sup>1</sup>:

$$(4) \left\{ \begin{array}{l} R \rightarrow \min \\ R \in \mathfrak{R}, S(R) = D_E \end{array} \right. \quad \text{или} \quad \left\{ \begin{array}{l} R \rightarrow \min \\ R \in \mathfrak{R}, S(R) = D_L \end{array} \right.$$

Таким образом, в рамках потоковой модели ОС задача оптимизации ее функционирования сводится к решению стандартных математических задач оптимизации типа (2)-(4) (еще раз напомним, что для формулировки этих задач необходимо знание зависимостей, связывающих пропускную способность с ресурсным обеспечением).

До сих пор мы рассматривали потоковую модель ОС, в которой осуществляется обучение по одной образовательной программе. Обобщим ее на более общий случай, когда ОС (например, ТС) состоит в свою очередь из нескольких элементов (например, ОУ), в каждом из которых осуществляется обучение по нескольким образовательным программам.

Итак, пусть  $m$  – число ОС, входящих в рассматриваемую ОС более высокого уровня,  $N$  – число образовательных программ в ОС, на которые имеется спрос (с точки зрения образовательных услуг и выпускников). Обозначим через  $S_{ij}$  пропускную способность  $i$ -ой ОС по  $j$ -ой образовательной программе, через  $D_{Ej}$  – спрос на образовательные услуги по  $j$ -ой образовательной программе,  $D_{Lj}$  – спрос на выпускников по  $j$ -ой образовательной программе<sup>2</sup>.

Обозначим через  $S_j = \sum_{i=1}^m S_{ij}$  пропускную способность рассматриваемой ОС по  $j$ -ой образовательной программе (сумму пропускных способностей по этой образовательной программе

---

<sup>1</sup> Если  $R$  – векторный показатель, то необходимо доопределить что понимается под его минимизацией.

<sup>2</sup> Возможна детализация спроса по элементам, составляющим рассматриваемую ОС, то есть введение переменных  $D_{Eij}$  и  $D_{Lij}$  – соответственно спроса на образовательные услуги и выпускников в  $i$ -ом элементе по  $j$ -ой образовательной программе. Однако, следует иметь ввиду, что показатели спроса имеют в основном территориально обусловленную структуру и не всегда могут быть идентифицированы для конкретного ОУ.

составляющих ее элементов),  $j = \overline{1, N}$ , через  $S = \sum_{j=1}^N S_j$  суммарную (по всем образовательным программам) пропускную способность ОС,  $D_E = \sum_{j=1}^N D_{Ej}$  – суммарный спрос на образовательные услуги.

Формализуем критерии эффективности функционирования ОС. Первый "критерий" (корректно говоря – ограничение) отражает реализацию права граждан на образование и утверждает, что суммарная пропускная способность ОС должна быть не меньше суммарного спроса на образовательные услуги<sup>1</sup>.

$$(5) S \geq D_E.$$

Второй "критерий" отражает эффективность функционирования ОС с точки зрения удовлетворения спроса на выпускников. Введем показатели  $\Delta_j = |S_j - D_{Lj}|$ ,  $j = \overline{1, N}$ , отражающие степень удовлетворения спроса на выпускников по соответствующей образовательной программе.

Введем монотонно возрастающую функцию  $F(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_N)$ , отражающую агрегированную степень удовлетворения спроса на выпускников.

Третий "критерий" (который в зависимости от рассматриваемой задачи управления может рассматриваться и как ограничение) отражает использование ресурсов<sup>2</sup>: если  $R_i$  (соответственно,  $C_i$ ) – ресурсы (затраты)  $i$ -ой ОС, и заданы ограничения  $\mathcal{R}_i$  ( $R_i \in \mathcal{R}_i$ ) ( $\mathcal{E}_i$ , ( $C_i \in \mathcal{E}_i$ )), то есть:

$$(6) \sum_{j=1}^N R_{ij}(S_{ij}) \in \mathcal{R}_i, \quad i = \overline{1, m} \quad \left( \sum_{j=1}^N C_{ij}(S_{ij}) \in \mathcal{E}_i, \quad i = \overline{1, m} \right),$$

---

<sup>1</sup> При этом подразумевается, что не обязательно в точности удовлетворять спрос на образовательные услуги по каждой из образовательных программ – ОС должна обладать пропускной способностью, достаточной для удовлетворения лишь суммарного спроса (то есть реализовывать право граждан на образование).

<sup>2</sup> Подчеркнем, что ресурсы "привязаны" к ОС, а не к образовательным программам, хотя и пересчет по последним не исключается.

то прямая задача управления может формулироваться как задача определения пропускных способностей  $\{S_{ij}\}$ , которые минимизировали бы рассогласование между спросом на выпускников и их предложением в рамках существующих ограничений (включающих ресурсные ограничения (6) и ограничение удовлетворения спроса (5)):

$$(7) F(\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_N) \rightarrow \min_{\{S_{ij}\}: (5), (6)} .$$

Обратная задача управления может заключаться в определении минимальных значений ресурсов, необходимых для полного (что возможно, если  $D_E = \sum_{j=1}^N D_{Lj}$ , иначе – заданного частичного,

например,  $F(\Delta) \leq \delta$ , где  $\delta$  – некоторая экспертно заданная константа) удовлетворения спроса на выпускников и образовательные услуги:

$$(8) \begin{cases} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^N R_{ij}(S_{ij}) \rightarrow \min_{\{S_{ij}\}} . \\ S \geq D_E, \quad F(S) \leq \delta \end{cases}$$

Таким образом, при использовании потоковой модели оптимизация ОС сводится к решению стандартных математических задач оптимизации типа (7) и (8).

**Внешняя модель образовательной сети.** Внешняя (с точки зрения внешней среды) модель ОС представлена на рисунке 10. ОС формирует предложение образовательных услуг и предложение выпускников по соответствующему набору образовательных программ, поэтому принятая структура описания позволяет сформулировать приведенный выше следующий общий критерий эффективности функционирования ОС: согласование, удовлетворение и опережающее формирование спроса на образовательные услуги и выпускников в рамках заданных институциональных ограничений и ресурсного обеспечения.

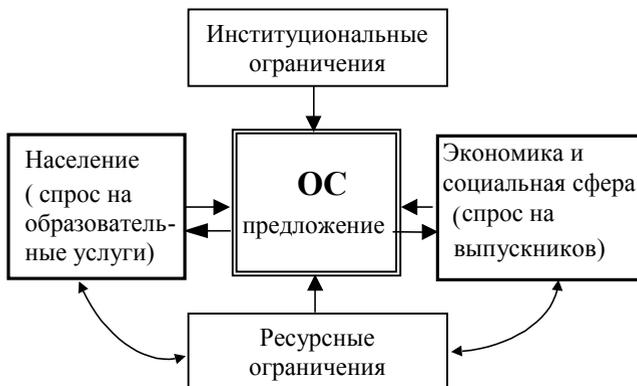


Рис. 10. Внешняя модель образовательной сети

Для построения внешней модели ОС необходима информация о внешних условиях ее функционирования, информация о спросе на образовательные услуги и выпускников, а также информация об институциональных и ресурсных ограничениях.

Информация о внешней модели ОС, совместно с информацией о ее внутренней модели, используется для построения общей модели ОС (см. ниже), поэтому опишем внутреннюю модель ОС, отражающую «внутреннее устройство» последней.

**Внутренняя модель образовательной сети.** Внутренняя модель (модель «внутреннего» устройства) ОС, функционирование которой целесообразно рассматривать в течение нескольких периодов времени (например, по годам, месяцам и т.д.), представлена таблицей 2 (см. также потоковую модель выше).

Каждая из ячеек таблицы 2, соответствующая ресурсу, содержит агрегированную (по образовательным программам<sup>1</sup>) информацию вида: «прогнозируется». Кроме того, внутренняя модель ОС включает взаимосвязь между возможными изменениями со-

<sup>1</sup> Термин "образовательная программа" при описании ОС используется для единообразного обобщенного обозначения различных уровней и видов образования и включает в том числе, например, такие разнородные на первый взгляд понятия как образование и воспитание в: той или иной группе детского сада, том или ином классе средней школы, той или иной группе ПУ, ВУЗа и т.д.

держания ячеек, соответствующих образовательным программам, и требуемыми для этих изменений ресурсами, то есть взаимосвязь между показателями количества приема, обучения и выпуска по различным образовательным программам (с учетом возможности закрытия части существующих и открытия новых образовательных программ, реорганизации и создания новых ОС) и требующимися для этого ресурсами.

Таблица 2

Внутренняя модель ОС

Показатель/период	0	1	2	...
<b>ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ</b>				
Образовательная программа 1				
Образовательная программа 2				
Образовательная программа 3				
...				
<b>РЕСУРСЫ</b>				
Ресурс 1				
Ресурс 2				
Ресурс 3				
...				

Перечисленную информацию для внутренней модели ОС необходимо иметь для каждой ОС соответствующего уровня.

**Общая модель образовательной сети.** Общая модель ОС агрегирует (объединяет) ее внешнюю и внутреннюю модели и может быть представлена таблицей типа таблицы 2, в которой, каждая ячейка, соответствующая образовательной программе, имеет вид, приведенный в таблице 3 (в скобках указаны единицы измерения).

Таблица 3

Ячейка таблицы 2 в общей модели ОС

Прогноз спроса на образовательные услуги (человек)	Прогноз спроса на выпускников (человек)
Прогноз приема (человек)	Прогноз выпуска (человек)
Прием фактический (человек)	Выпуск фактический (человек)

Таким образом, общая модель ОС состоит из совокупности информационно взаимосвязанных внешних и внутренних моделей ОС, а модель вышестоящей ОС представляет собой интегрированную совокупность общих моделей всех ее составляющих. Следовательно, возникает задача принятия решений в рамках модели ОС. Решение этой задачи подразумевает генерацию, оценку и выбор альтернатив (например, сокращение приема по некоторым образовательным программам, открытие новых образовательных программ и т.д.) органами управления.

При наличии соответствующей информации предложенная модель ОС позволяет проводить анализ, прогноз и выработать рекомендации по оптимизации ОС и системы управления ею.

**Анализ, прогноз и оптимизация образовательной сети.** Основная идея *оптимизации* функционирования любой системы, в том числе – образовательной сети, заключается в следующем. Предположим, что заданы:

- параметры, описывающие состояние управляемой системы и внешних условий ее функционирования (окружающей среды);
- зависимость состояния системы от управляющих воздействий;
- множество допустимых управляющих воздействий;
- критерий эффективности функционирования системы (позволяющий сравнивать по эффективности любые ее состояния).

При этом критерием эффективности управления (управляющего воздействия) является значение критерия эффективности состояния системы, в котором она оказалась под влиянием этого управления. Тогда *задача оптимизации* заключается в поиске допустимого управляющего воздействия, имеющего максимальную эффективность, то есть приводящего систему в наиболее эффективное состояние.

Можно выделить следующие (последовательно включающие предыдущие) *задачи оптимизации ОС* как системы:

Задача 1. *Анализ* современного состояния ОС и *прогноз* соответствия ее функционирования целям развития *метасистемы* – *метасети* – (региона, административно-территориального образования и т.д.) – «что будет, если все оставить как есть».

Задача 2. Задача ситуационного управления и принятия оперативных управленческих решений по *локальной<sup>1</sup> оптимизации* в рамках выявленного в первой задаче несоответствия функционирования ОС целям развития региона (административно-территориального образования).

Задача 3. Задача *глобальной оптимизации* функционирования ОС, заключающаяся в выборе таких допустимых значений его параметров, которые максимально соответствовали бы целям развития региона (административно-территориального образования).

**Управление развитием образовательных сетей.** Выше рассматривалась концепция построения модели ОС. Реформирование и реструктуризация (развитие) системы управления ОС являются самостоятельным *проектом*, для которого должны использоваться адекватные и эффективные методы управления.

Выделим следующие основные *функции управления развитием<sup>2</sup> ОС* (см. также задачи управления ОС выше): анализ текущего состояния, прогноз, целеполагание, планирование, обеспечение ресурсами, контроль, оперативное управление, анализ изменений. Рассмотрим эти функции более подробно.

*Анализ текущего состояния* ОС необходим для получения той «точки отсчета», относительно которой будет оцениваться развитие ОС с учетом управляющих воздействий или без таковых. Сравнение текущего состояния ОС с теми представлениями, которые отражают ее «идеальное состояние<sup>3</sup>» позволяют в первом приближении оценивать текущую эффективность ее функционирования.

*Прогноз развития* ОС, проводимый без учета управляющих воздействий, позволяет судить о том какова будет динамика поведения ОС и насколько она будет удаляться или приближаться к

---

<sup>1</sup> Термин «локальная» означает, что рассматриваются не все возможные варианты изменений ОС, а лишь некоторые. «Глобальная» оптимизация подразумевает выбор наилучшего варианта из всех допустимых.

<sup>2</sup> Так как любое изменение ОС является уникальным, то при управлении развитием ОС возможно и целесообразно использование подходов управления проектами.

<sup>3</sup> Употребление кавычек обусловлено субъективной трактовкой данного понятия, а также сильную ее обусловленность текущим состоянием как управляемой ОС, так и метасистемы (региона и т.д.), частью которой она является.

«идеальному состоянию», если не предпринимать никаких дополнительных мер.

*Целеполагание* подразумевает формулировку общих целей развития, а также критерия эффективности, отражающего соответствие настоящего и/или будущего состояния ОС целям ее развития.

На этапе *планирования* осуществляется определение набора *задач развития* – действий, мероприятий и т.д., которые позволяют достичь или максимально приблизиться к поставленным целям в существующих или прогнозируемых условиях.

Определенный в результате планирования набор мероприятий требует соответствующего *обеспечения ресурсами*, включая финансовые, кадровые, информационные и другие ресурсы (см. перечисление ресурсного обеспечения выше), что является одной из основных обеспечивающих функций управления развитием ОС.

*Контроль* за развитием ОС (носящий в основном констатирующий и лишь иногда упреждающий характер) заключается в постоянном мониторинге за изменениями ОС, вызванными действиями управляемых субъектов, предпринимаемых в соответствии с планом, а также в выявлении отклонений от плана.

Так как развитие ОС является непрерывным (во времени) процессом, то по мере поступления новой информации (получаемой в результате осуществления функции контроля) о ходе решения задач развития может потребоваться внесение корректирующих воздействий, что составляет суть *оперативного управления*.

По мере завершения каждого из запланированных этапов развития ОС, включая в том числе (и в первую очередь) весь горизонт планирования, для успешного осуществления следующих этапов необходим *анализ произведенных изменений*, обобщение опыта развития, который должен использоваться при разработке стратегии и тактики дальнейшего управления ОС.

Сочетание перечисленных выше предметов управления и задач управления позволяет систематизировать *функции управления* (решение задач управления соответствующими предметами управления) – см. таблицу 4, представляющую собой «болванку» для заполнения информацией, отражающей специфику конкретной образовательной системы.

## Функции управления

Задачи управления	Мониторинг и прогноз развития	Формулировка целей развития и планирование	Генерация, оценка и выбор вариантов развития	Распределение ресурсов	Мотивация участников	Контроль и оперативное управление
Предметы управления						
Спрос и предложение на образовательные услуги						
Спрос и предложение на выпускников						
Состав образовательных учреждений						
Ограничения деятельности						
Ресурсное обеспечение						
Структура системы образования						

Выше перечислены модели ОС, предметы управления, задачи управления, функции управления и механизмы управления, что дает возможность предложить следующий алгоритм построения модели управления ОС.

**Алгоритм построения модели управления и оптимизации**

Таким образом алгоритм построения модели управления образованием заключается в:

1. Описании управляемой системы (см. внешнюю и внутреннюю модели ОС выше);
2. Перечислении предметов управления с учетом специфики региона и муниципальных образований;
3. Выделении задач управления и функций управления для каждого из уровней иерархии системы управления;
4. Разработки и институализации механизмов управления.

Результатом применения алгоритма построения модели управления является *программа развития* (см. Приложение 2).

Рассмотрим задачу ситуационного управления и принятия оперативных управленческих решений по локальной оптимизации в рамках выявленного несоответствия функционирования ОС целям развития региона (административно-территориального образования).

Методика локальной оптимизации, описываемая ниже, включает следующие этапы. В соответствии с общей методологией оптимизации (см. выше) для решения задачи управления необходимо перечислить возможные управляющие воздействия, выделить среди них допустимые с точки зрения существующих ограничений, затем для определенного воздействия<sup>1</sup> определить его эффективность (как эффективность состояния управляемой системы, в котором она оказалась в результате реализации данного воздействия).

Возможные управляющие воздействия.

Так как эффективность функционирования ОС определяется согласованием, удовлетворением и опережающим формированием спроса на образовательные услуги и выпускников, то такое понимание эффективности позволяет выделить следующие управляющие воздействия.

Существуют четыре общих группы управляющих воздействий (основания классификации – структура ОС, набор образовательных программ и содержание образовательных программ, а также рефлексия системы относительно своей деятельности): *изменение структуры ОС, изменение набора образовательных программ, изменение содержания образовательных программ и изменение системы управления образованием.*

---

<sup>1</sup> Напомним, что при локальной оптимизации рассматриваются результаты реализации определенных управляющих воздействий (но не всех возможных отдельных управляющих воздействий и их комбинаций, как это делается при глобальной оптимизации – см. выше).

Таким образом, можно выделить следующие управляющие воздействия.<sup>1</sup>

1. Изменение структуры ОС (создание новых ОУ (закрытие существующих ОУ), в том числе – объединение и разъединение ОУ, создание (закрытие) филиалов ОУ и т.д.);

2. Изменение набора образовательных программ (увеличение (уменьшение), набора учащихся вообще и в том числе по конкретным образовательным программам; открытие новых образовательных программ (закрытие старых) и т.д.);

3. Изменение содержания образовательных программ (в рамках существующих государственных стандартов) и образовательных технологий;

4. Изменение состава, структуры и функций системы управления образованием.

Проверка допустимости управляющих воздействий.

Проверка допустимости управляющих воздействий заключается, во-первых, в проверке того, что они удовлетворяют существующим ограничениям, и, во-вторых, того, что в результате их реализации управляемая система окажется в допустимом состоянии. Предположим, что конечное состояние управляемой системы фиксировано, то есть цель управления задана. Например, из прогноза известно, что вырастет спрос на выпускников, прошедших обучение по некоторой образовательной программе. При этом возникают две задачи. Первая – *прямая задача управления* – определить допустимые управляющие воздействия, которые позволят максимально приблизиться к цели. Вторая задача – *обратная задача управления* – заключается в определении минимального уровня ресурсов (ограничений на управление), которые необходимы для достижения поставленной цели (в примере – полного удовлетворения возросшего спроса).

Решение задачи локальной оптимизации для рассматриваемой модели ОС приведено в [109].

---

<sup>1</sup> Следует отметить, что приводимые управляющие воздействия четко коррелируют с целями, на достижение которых они направлены (см. общий критерий эффективности функционирования ОС выше), поэтому управляющие воздействия, касающиеся финансового, кадрового, материально-технического и других видов ресурсного обеспечения (изменения которых часто декларируются как цели или как управляющие воздействия) являются вторичными (см. выше).

Итак, рассмотрев потоковую модель образовательной сети (а все результаты исследования ОС справедливы и для ОК), перейдем к анализу функциональной-структурной модели образовательного комплекса, что даст затем возможность сформулировать его потоковую модель.

## **1.5. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ, СТРУКТУРНАЯ И ПОТОКОВАЯ МОДЕЛИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА. ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ**

В настоящем разделе рассматриваются *функциональная* (отражающая распределение функций), *структурная* (отражающая оргструктуру) и *потоковая* (отражающая потоки абитуриентов и выпускников между элементами ОУ и окружающей средой) модели образовательного комплекса.

**Функциональная модель ОК.** Рассмотрим отдельное ОУ, описывая его в терминах SADT<sup>1</sup> (IDEF0) [90]. На рисунке 11 изображена оргструктура ОУ (образовательно-функциональный аспект, то есть без учета вспомогательных служб), которая включает: директора (ректора), его заместителей и учителей (преподавателей), которые непосредственно взаимодействуют с обучающимися, объединенными в классы, учебные группы и т.д.

На входе ОУ (как и в потоковой модели) имеются абитуриенты, на выходе – выпускники. "Преобразование" абитуриентов в выпускников требует ресурсов и осуществляется с учетом управляющих воздействий. Приведенная на рисунке 11 модель ОУ является элементарным блоком, из которого могут "конструироваться" образовательные комплексы различных (см. их типологию выше).

---

<sup>1</sup> SADT (Systems' Analysis and Design Technique) – общераспространенная в менеджменте технология описания бизнес-процессов.



Рис. 11. Функциональная модель образовательного учреждения

Например, на рисунке 12 представлена функционально-структурная модель образовательного комплекса – объединение<sup>1</sup> ОУ, внутренняя структура каждого из которых имеет вид, приведенный на рисунке 11, в ОК (в случае неоднородных образовательных комплексов некоторые из его элементов могут иметь вид, приведенный на рисунке 12).

<sup>1</sup> Отметим, что при более тесной интеграции – «размытии» границ между ОУ, входящими в ОК – образовательный комплекс превращается в крупное ОУ, поэтому интерес представляет именно промежуточный случай.

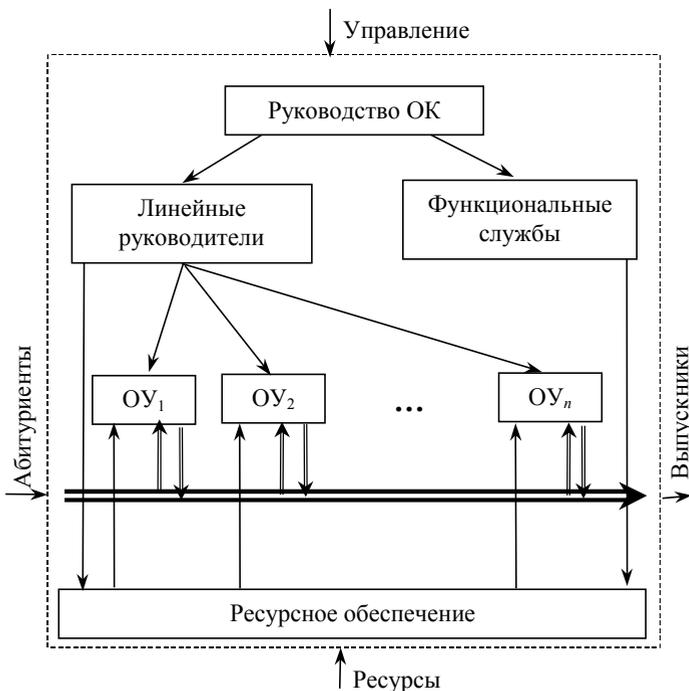


Рис. 12. Функционально-структурная модель образовательного комплекса

В модели, изображенной на рисунке 12, ОК представляет собой набор ОУ ( $1, \dots, n$ ), за ресурсное обеспечение которых отвечают функциональные службы, за деятельность которых несут ответственность линейные руководители, подчиненные «руководству ОК». В качестве последнего, в зависимости от степени организационной интеграции, может выступать директор, совет ОУ, координационный совет, педагогический, ученый совет и т.д.

Основная «производственная» функция ОК заключается в преобразовании потока абитуриентов в поток выпускников (двойная горизонтальная линия на рисунке 12), поэтому рассмотрим потоковую модель ОК более подробно.

**Потоковая модель ОК. Образовательная траектория.** Рассмотрим сначала отдельную ОП  $i$ -го уровня ( $i = \overline{1, m}$ ), реализуе-

мую  $j$ -ым ( $j = \overline{1, n}$ ) ОУ, входящим в рассматриваемый ОК – см. рисунок 13.

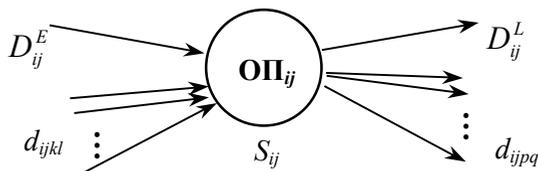


Рис. 13. Поток по  $ij$ -ой образовательной программе

Входящие потоки по  $ij$ -ой ОП складываются из входящего потока абитуриентов  $D_{ij}^E \geq 0$  (измеряемого в чел. / ед. времени) и входящих потоков  $d_{klj} \geq 0$ ,  $k = \overline{1, i-1}$ ,  $l = \overline{1, n}$ , выпускников других ОП более низких уровней, реализуемых рассматриваемым ОК. Отметим, что мы будем считать, что уровни ОП определены таким образом, что по ним возможно только «восходящее движение». Например, предполагается, что выпускник вуза не будет поступать в колледж, принадлежащий тому же ОК. Если это не так, то всегда можно считать, что переход на нижележащий уровень происходит через поток абитуриентов.

Исходящие потоки по  $ij$ -ой ОП складываются из исходящего потока выпускников  $D_{ij}^L \geq 0$  и исходящих потоков  $d_{ijpq} \geq 0$ ,  $p = \overline{i+1, m}$ ,  $q = \overline{1, n}$  тех, кто продолжает обучение в рассматриваемом ОК по ОП более высоких уровней.

Пропускную способность  $ij$ -ой ОП обозначим  $S_{ij}$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Совокупность ОП и дуг между ними образуют граф, который будем называть *сетью ОП* (напомним, что сетью называется ориентированный граф без контуров, в котором выделены две вершины – вход и выход сети [28]). Вход сети ОП – рынок спроса на образовательные услуги, выход – рынок спроса на выпускников. Сеть ОП, совместно с потоками по соответствующим дугам и

пропускными способностями ОП, будем называть *поточковой моделью образовательного комплекса* – см. рисунок 14, на котором вход и выход обозначены жирными кружками.

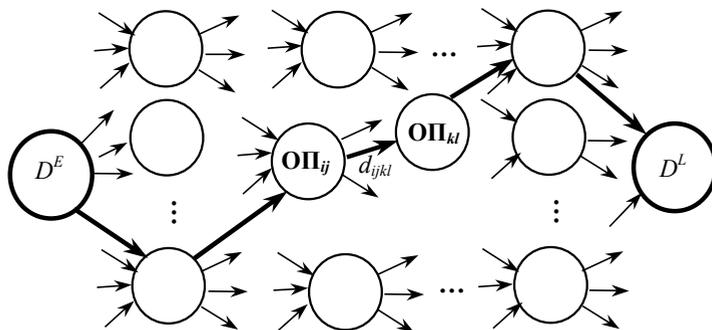


Рис. 14. Поточковая модель образовательного комплекса

Напомним, что в соответствии с принятыми предположениями дуги в сети ОП могут идти от ОП только к ОП более высокого уровня или к выходу сети. Любой путь от входа сети образовательных программ к ее выходу назовем *образовательной траекторией* (иногда используют термин «траектория в образовательном пространстве»). Пример образовательной траектории изображен на рисунке 14 жирными линиями.

Содержательно образовательная траектория соответствует осваиваемой отдельным обучающимся или их группой последовательности согласованных образовательных программ различных (возрастающих) уровней.

Следует отметить, что в последнее время происходит как **переориентация абитуриентов от выбора отдельных ОП к выбору образовательной траектории**, так и **переориентация образовательных учреждений от предложения образовательных услуг по отдельным ОП к предложению траекторий движения в образовательном пространстве** [52, 104, 105, 158].

Предложенная потоковая модель образовательного комплекса позволяет ставить и решать задачи ее оптимизации с точки зрения различных критериев. Соответствующие модели описываются во второй главе настоящей работы.

Итак, выше мы рассмотрели специфику образовательных сетей и образовательных комплексов, привели типологию, а также структурно-функциональную и потоковую модели последних. Прежде чем переходить к описанию моделей и методов управления ОК рассмотрим общие подходы и известные результаты исследования механизмов управления образовательными системами, и перечислим актуальные задачи управления ОК.

## 1.6. МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ

В настоящем разделе обсуждается специфика образовательных систем – образовательных сетей и образовательных комплексов, перечисляются общие модели и методы управления, приводятся ссылки на результаты исследования базовых механизмов управления оргсистемами, что позволяет в следующем разделе установить возможность и целесообразность их использования при управлении образовательными комплексами, а также сформулировать общие задачи управления образовательными комплексами.

**Образовательная система.** Образовательный комплекс как совокупность ОУ является *образовательной системой*, которая может рассматриваться как (см. рисунок 15):

- *педагогическая система*, в которой реализуется процесс обучения и воспитания. Исследованием соответствующих проблем занимаются такие разделы науки как педагогика [17, 52, 56, 81, 158] и психология [34, 51, 64, 66, 68, 106];

- *экономическая система* – исследованием соответствующих проблем занимается экономика [2, 10, 38, 55, 101, 127, 154, 172];

- *социальная система*, в которой участники – люди, их группы и коллективы вступают в социальные отношения друг с другом и с окружающей средой. Исследованием соответствующих проблем занимаются такие разделы науки как социология и социальная психология [59, 89, 125, 131, 155];

- *организационная система*, в которой участниками являются люди, их группы и коллективы. Исследованием соответствующих проблем занимаются такие разделы науки как теория управления [30, 92, 94, 108, 128, 160] и менеджмент [5, 39, 43, 54, 72, 93, 162, 164, 167, 169, 173].



*Рис. 15. Образовательная система как педагогическая, экономическая, социальная и организационная система*

Разные аспекты рассмотрения позволяют выделить различные проблемы функционирования образовательных систем. В настоящей работе основной акцент делается на управлении образовательными системами, рассматриваемыми, в основном, как организационные системы, естественно с учетом педагогической, экономической и социальной специфики.

Управление образовательными системами на сегодняшний день рассматривается (см. [42, 78, 79, 97, 100, 139, 146, 149, 150] и работы с одноименным названием [53, 80, 138, 141, 157]) как "отраслевой" раздел менеджмента, то есть оперирует качественными построениями, содержащими в обобщенном виде успешный опыт управления конкретными образовательными системами, в основном, с учетом региональной специфики [1, 34, 76, 140, 144, 145,

151]. Актуальной задачей является, как отмечалось во введении, разработка формальных моделей процедур принятия решений по управлению образовательными системами. Такие работы на сегодняшний день практически отсутствуют (исключение составляют [31, 105, 109]).

**Математические модели управления** организационными системами [30, 32, 111, 115] основываются на аппарате и результатах:

- теории принятия решений [44, 47, 49, 83, 99, 152];
- математической экономики [19, 28, 61, 62, 87, 170-172];
- теории игр [44, 47, 49, 70, 166, 174], в том числе – деловых и имитационных игр [11, 21, 22, 25, 36, 74, 159];
- теории управления проектами (в том числе – организационными проектами или проектами реформирования или реструктуризации [12, 14, 24, 82]), включая как качественные [41, 136, 148], так и формальные [13, 29, 35, 46, 69] подходы этого раздела теории управления.

Математические модели управления основываются на следующей основной идее оптимизации функционирования любой системы. Предположим, что заданы:

- параметры, описывающие состояние управляемой системы и внешних условий ее функционирования (окружающей среды);
- зависимость состояния системы от управляющих воздействий;
- множество допустимых управляющих воздействий;
- критерий эффективности функционирования системы (позволяющий сравнивать по эффективности любые ее состояния).

При этом критерием эффективности управления (управляющего воздействия) является значение критерия эффективности состояния системы, в котором она оказалась под влиянием этого управления. Тогда задача оптимизации заключается в поиске допустимого управляющего воздействия, имеющего максимальную эффективность, то есть приводящего систему в наиболее эффективное состояние. Общая схема структуры системы управления элементом образовательной системы (образовательной сети или комплекса) приведена на рисунке 16.

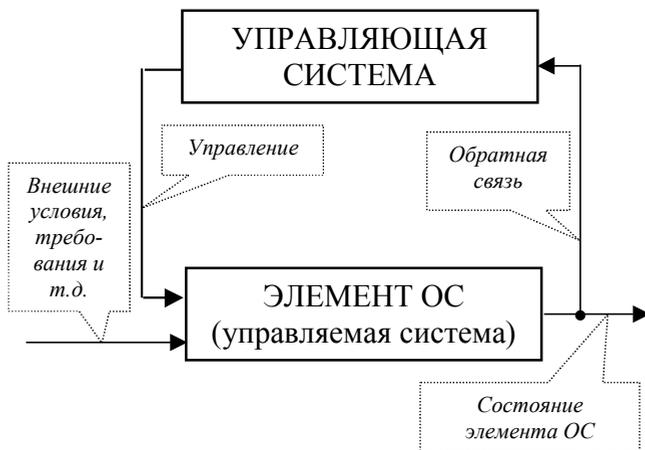


Рис. 16. Структура системы управления элементом ОК

Выбирая соответствующие основания классификации, можно выделить следующие виды управления:

- *административное* (институциональное, командное) и/или *мотивационное управление* (управление, побуждающее управляемых субъектов к совершению требуемых действий);

- *проектное управление* (управление в динамике – изменениями в системе, инновационной деятельностью и т.д.) и *процессное управление* (управление функционированием – «в статике» – регулярной, повторяющейся деятельностью при неизменных внешних условиях).

Для управления в динамике, в свою очередь, можно выделить *рефлекторное<sup>1</sup> (ситуационное) управление* и *опережающее управление*. Кроме того, с точки зрения динамики существуют две проблемы. Первая – проблема соотношения проектной (инновационной) и процессной (повторяющейся) деятельности (за 200 лет в России в системе образования были проведены 26 реформ?!). Вторая проблема касается *характерных времен* изменений внешних условий и управляемого объекта (для любой системы существует предельный темп изменений, которые могут быть в ней реа-

<sup>1</sup> Рефлекторным называется управление, при котором управляющий орган реагирует на изменения или внешние воздействия по мере их появления, не пытаясь прогнозировать их или влиять на них.

лизованы при условии сохранения выполнения ею своих функций – слишком частые изменения могут разрушить или сильно деформировать систему).

**Модели и методы управления.** Модель любой организационной системы (в том числе – образовательного комплекса) определяется заданием [30]:

- *состава* (участников, то есть элементов системы);
- *структуры* (совокупности информационных, управляющих, технологических и других связей между участниками);
- *множеств допустимых стратегий* участников, отражающих, в том числе, институциональные, технологические и другие ограничения их совместной деятельности;
- *целевых функций* участников, отражающих их предпочтения и интересы;
- *информированности* – той информации, которой обладают участники на момент принятия решений о выбираемых стратегиях;
- *порядка функционирования*: последовательности получения информации и выбора стратегий участниками системы.

*Управление*, понимаемое как воздействие на управляемую систему с целью обеспечения требуемого ее поведения [30], может затрагивать каждый из шести перечисленных параметров модели. Следовательно, основанием *системы классификаций механизмов управления* (процедур принятия управленческих решений) является *предмет управления* – изменяемая в процессе и результате управления компонента системы.

По основанию «предмет управления» можно выделить:

- *управление составом* [50, 65];
- *управление структурой* [108, 113];
- *институциональное управление* (управление «допустимыми множествами») [107];
- *мотивационное управление* [110, 112, 115, 120] (управление предпочтениями и интересами);
- *информационное управление* (управление информацией, которой обладают участники системы на момент принятия решений) [117, 118];
- *управление порядком функционирования* (управление последовательностью получения информации и выбора стратегий участ-

никами системы), которое обычно рассматривают как управление структурой [113].

Простейшая (*базовая*) модель оргсистемы включает одного управляемого субъекта – *агента* – и одного управляющего органа – *центра*, которые принимают решения однократно и в условиях полной информированности.

Расширениями базовой модели являются:

- *динамические организационные системы* (в которых участники принимают решения многократно) [116];

- *многоэлементные системы* (в которых имеется несколько агентов, принимающих решения одновременно и независимо) [120];

- *многоуровневые системы* (имеющие трех- и более уровневую иерархическую структуру) [108, 113, 119];

- *системы с распределенным контролем* (в которых имеется несколько центров, осуществляющих управление одними и теми же агентами) [45, 50, 65, 119];

- *системы с неопределенностью* (в которых участники не полностью информированы о существенных параметрах) [111, 112, 120];

- *системы с ограничениями совместной деятельности* (в которых существуют глобальные ограничения на совместный выбор агентами своих действий) [107, 120];

- *системы с коалиционным поведением участников* [50];

- *системы с сообщением информации* (в которых одним из действий агентов является сообщение информации друг другу и/или центру) [30, 111, 124].

**Механизмы управления.** Ключевыми для теории управления организационными системами понятием являются понятие *механизма функционирования* системы – совокупности законов, правил и процедур, регламентирующих взаимодействие участников системы; и понятие *механизма управления* – совокупности процедур принятия управленческих решений.

В соответствии с четырьмя общими функциями управления – *планирование, организация, мотивация и контроль*, выделяют четыре общих класса механизмов управления – механизмы планирования, механизмы организации, механизмы стимулирования (мотивации) и механизмы контроля. Детализируем состав этих

классов механизмов управления с тем, чтобы в следующем разделе установить возможность и целесообразность их использования при управлении образовательными сетями и образовательными комплексами..

#### Механизмы планирования:

- механизмы распределения ресурса, в которых решается задача ограниченного ресурса на основании заявок агентов [20, 21, 108];

- механизмы активной экспертизы, предназначенные для адекватного оценивания неизвестных параметров экспертами – специалистами в тех или иных областях [21, 29, 83, 84, 108];

- механизмы внутренних (трансфертных) цен, используемые для согласования интересов подсистем [6, 24, 115, 159];

- конкурсные механизмы, основанные на идее упорядочении претендентов и выявлении победителей, занявших первые места в этих упорядочениях [21, 30, 73];

- механизмы обмена, рассматривающие взаимовыгодный обмен ресурсами между элементами системы [30, 71].

#### Механизмы организации:

- механизмы смешанного финансирования, предназначенные для привлечения внешних инвестиций [27-29];

- противозатратные механизмы, побуждающие монополистов снижать себестоимость производства [21, 24, 29, 159];

- механизмы «затраты-эффект», позволяющие выделять приоритетные мероприятия и проекты [3, 28, 30];

- механизмы агрегирования, используемые для более емкого представления информации об управляемой системе или процессе [28, 69];

- механизмы самокупаемости, в которых результаты (в первую очередь – финансовые) реализации уже выполненных проектов используются для начинающихся проектов [27, 28, 29];

- механизмы оптимизации производственного и коммерческого циклов, позволяющие сокращать продолжительность этапов производства и реализации продукции [28];

- механизмы назначения, дающие возможность определять оптимальное распределение ответственности между сотрудниками организации или участниками проекта [29, 73].

### Механизмы стимулирования:

- механизмы стимулирования за индивидуальные результаты, побуждающие агентов предпринимать действия в интересах управляющего органа [110-112];

- механизмы стимулирования за результаты коллективной деятельности, позволяющие стимулировать коллективы агентов по результатам их совместной деятельности [115, 120];

- механизмы унифицированного стимулирования, дающие возможность использовать единые принципы поощрения деятельности всех участников системы [108, 111, 115];

- механизмы «бригадной» оплаты труда, ориентированные на совместное использование показателей, характеризующих результаты индивидуальной и коллективной деятельности [115, 159];

- механизмы стимулирования матричных структурах управления, отражающих ситуацию взаимодействия между агентами, функциональными руководителями и руководителями проектов [50, 65, 119].

### Механизмы контроля:

- механизмы комплексного оценивания, в которых решается задача построения системы агрегированного оценивания сложных систем [3, 4, 29];

- механизмы согласия, дающие возможность принимать согласованные экспертные решения [29, 73];

- многоканальные механизмы, использующие процедуры принятия решений несколькими каналами (руководителями, экспертами и т.д.) [21, 29];

- механизмы опережающего самоконтроля, побуждающие агентов на ранних этапах отклонения результатов от планов принимать корректирующие меры [29, 30];

- механизмы страхования, позволяющие перераспределять риск между субъектами управления [29, 73];

- компенсационные механизмы, ориентированные на опережающую компенсацию отклонений результатов от плана [28, 29].

Перечислив базовые механизмы управления оргсистемами, перейдем к установлению возможности и целесообразности их использования при управлении образовательными комплексами, а также сформулируем общие задачи управления образовательными комплексами.

## 1.7. ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

На сегодняшний день существует несколько систематизаций (систем классификаций) задач управления социально-экономическими системами (и их частными случаями – организационными системами и образовательными системами, рассматриваемыми как организационные).

Например, в [29, 31, 109] перечислены следующие общие задачи организационного управления образовательными системами:

1. Первый класс задач – это формирование структуры и состава ОК, включая "задачи о назначении" или распределении функций.

2. Второй класс – задачи оценки эффективности деятельности элементов ОК, то есть выбора критериев оценки, шкал и процедур: получения и агрегирования информации, выбора вариантов и др.

3. Третий класс задач – при заданной структуре ОК, имея систему сбора и обработки информации, следует определить процедуры распределения ресурсов (материальных, финансовых, кадровых, учебных единиц и др.) в управляемой системе.

4. Четвертый класс задач – так как цели и интересы участников ОК могут не совпадать, необходимо обеспечить координацию и согласование интересов, то есть разработать систему стимулирования (мотивации).

5. И, наконец, должен быть решен пятый класс задач – синтез действенного механизма контроля и оперативного управления, позволяющего отслеживать функционирование управляемой системы в реальном времени и вносить коррективы в случае отклонения ее показателей от запланированных.

Выше (в разделе 1.6) приведена классификация, основывающаяся на функциях управления: планирование, организация, стимулирование и контроль.

С точки зрения масштаба и границ рассматриваемых систем можно выделить следующие компоненты:

1. внешняя среда;
2. собственно образовательный комплекс;
3. элементы образовательного комплекса (образовательные учреждения).

Выше также выделены следующие управляющие воздействия на образовательные системы:

1. Изменение структуры системы (создание новых ОУ (закрытие существующих ОУ), в том числе – объединение и разъединение ОУ, создание (закрытие) филиалов ОУ и т.д.);

2. Изменение набора образовательных программ (увеличение (уменьшение) набора вообще и в том числе по конкретным образовательным программам; открытие новых образовательных программ (закрытие старых) и т.д.);

3. Изменение содержания образовательных программ (в рамках существующих государственных стандартов) и образовательных технологий;

4. Изменение состава, структуры и функций системы управления образованием.

Установим соответствие между известными механизмами управления (см. их перечисление в предыдущем разделе) и задачами управления образовательными комплексами<sup>1</sup>. Для этого перечислим известные механизмы управления [30] (строки таблицы 5) и задачи управления ОК (столбцы таблицы 5, соответствующие функциям управления с детализацией каждой из них по масштабу: 1 – взаимодействие ОК с внешней средой, 2 – взаимодействие ОК с входящими в него ОУ, 3 – взаимодействие внутри ОУ). Символ «+» в ячейки таблицы 5 означает, что механизм, соответствующий строке, следует использовать при решении задачи управления, соответствующей столбцу, «●» – возможно использовать, «–» – практически не используется.

---

<sup>1</sup> См. также соответствие между некоторыми механизмами и задачами управления в таблице П.1, приведенной в Приложении 1.

Таблица 5

## Задачи и механизмы управления образовательными комплексами

Механизмы управления	Планирование			Организация			Стимулирование			Контроль		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Механизмы стимулирования	-		●	-	●	●	-	●	+	-	-	●
Механизмы распределения ресурса	●	+	+	+	+	+	-	●	●	●	●	-
Механизмы активной экспертизы	+	+	+	●	●	●	-	-	-	+	+	+
Механизмы внутренних цен	●	+	+	●	+	+	-	+	+	-	●	●
Конкурсные механизмы	●	●	●	+	+	●	-	●	●	-	-	-
Неманипулируемые механизмы обмена	●	●	-	+	+	●	-	●	-	-	-	-
Механизмы смешанного финансирования	+	+	●	+	+	●	-	+	●	-	-	-
Противозатратные механизмы	●	+	●	●	+	●	-	+	●	-	+	●
Механизмы «затраты-эффект»	-	+	●	-	+	●	-	●	-	-	-	-
Механизмы агрегирования	●	+	●	●	+	●	-	●	-	●	●	-
Механизмы самокупаемости	-	+	+	●	+	+	-	●	●	-	-	-
Механизмы выбора ассортимента	+	+	+	+	+	+	-	●	●	+	+	+
Механизмы закупок	●	●	●	+	+	+	-	●	●	●	+	●
Механизмы оптимизации производственного и коммерческого циклов	●	+	+	+	+	+	-	●	●	-	●	●
Механизмы назначения	-	+	+	●	+	+	-	●	●	-	●	●
Механизмы синтеза организационной структуры	●	+	+	●	+	+	-	●	●	-	-	-
Механизмы комплексного оценивания	+	+	●	+	+	●	-	+	●	+	+	+
Механизмы согласия	●	+	●	●	+	●	-	-	-	●	●	●
Многоканальные механизмы	+	+	●	-	-	-	-	●	-	●	+	●
Механизмы опережающего самоконтроля	●	●	●	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Механизмы страхования	+	●	-	+	●	-	-	●	-	●	●	●
Компенсационные механизмы	-	●	+	-	●	+	-	+	+	●	+	+

Так как в настоящей работе мы не рассматриваем аспекты содержания образования, то на основании перечисленных систем классификаций задач управления по результатам таблицы 5 получаем следующие актуальные задачи управления образовательными сетями и комплексами:

- управление составом и структурой образовательных учреждений и образовательных программ (*задача структурной оптимизации*);
- управление пропускными способностям и элементов ОК (*задача потоковой оптимизации*);
- управление ресурсными ограничениями (*задача распределения ресурсов*);
- управление персоналом (*задача мотивационного управления*).

Таким образом, результаты первой главы позволяют не только качественно охватить проблематику управления образовательными сетями и комплексами, но и установить соответствие между задачами управления ОК и известными «количественными» механизмами управления, известными из теории управления, а также сформулировать нерешенные задачи – изучение моделей и методов структурной оптимизации, потоковой оптимизации, распределения ресурсов и мотивационного управления в образовательных сетях и комплексах, решаемые во второй главе настоящей работы.

## **ГЛАВА 2. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ СЕТЯМИ И КОМПЛЕКСАМИ**

Вторая глава содержит оригинальные результаты разработки и исследования теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов управления образовательными сетями и образовательными комплексами. В том числе, в разделе 2.1 рассматривается задача структурной оптимизации, в разделе 2.2 – задача потоковой оптимизации, в разделе 2.3 – задача распределения ресурсов, и, наконец, в разделе 2.4 – задача мотивационного управления.

### **2.1. МЕХАНИЗМЫ СТРУКТУРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ**

Под *структурной оптимизацией* образовательного комплекса<sup>1</sup> понимается процесс выбора его состава (набора входящих в него элементов) и структуры – совокупности устойчивых связей между элементами. Задачам управления составом и структурой организационных и экономических систем посвящено множество работ. Приведем ссылки на основные результаты.

**Проблемы управления оргструктурами.** Различные научные направления, изучающие организационные структуры (объект исследования – организационные структуры) различаются по *предметам (и целям) исследования* и используемым *методам исследования*, которые можно использовать в качестве оснований классификации. Во-первых, можно выделить *количественный и качественный подходы* (методы) – см. рисунок 17, заимствованный из [48].

---

<sup>1</sup> Изложение материала второй главы ведется в терминах образовательных комплексов, однако, все результаты в равной степени применимы и для образовательных сетей.



Рис. 17. Базовые подходы к изучению оргструктур

Качественный подход оперирует либо опытом функционирования реальных организаций, либо (совместно с этим опытом) анализом экономических и социальных предпосылок реализации тех или иных структур. Качественный подход реализован в таких научных направлениях как *менеджмент* [39, 93, 164], *институциональная экономика* [121, 147, 176] и *теория организации* [95].

В рамках количественного подхода основным методом исследований является построение формальных моделей. Эти модели могут либо учитывать целенаправленность поведения элементов структуры (*теория управления организационными системами* как раздел математической теории управления), либо не учитывать, решая те или иные оптимизационные задачи без учета интересов элементов структуры (*дискретная оптимизация*). Библиография (основные работы) по количественному подходу приведена в [48]. Кроме того, достаточно полные обзоры имеются в [40, 113].

Все перечисленные в упомянутых работах результаты могут быть использованы и при управлении образовательными комплексами, но, в основном, на уровне управления структурой его элементов – образовательных учреждений. Причина этого заключается в том, что, как правило, организационная структура образовательного комплекса в значительной степени детерминиро-

вана формой интеграции входящих в него образовательных учреждений (степенью их организационной самостоятельности и экономической независимости). С этой точки зрения образовательный комплекс близок к корпорации (или промышленному холдингу) и для него применимы полученные в теории управления результаты по управлению корпоративными структурами [12, 14] и по внутрифирменному управлению [58].

**Проблемы управления составом организационных систем.** Проведем краткий обзор постановок и результатов решения задач оптимизации состава организационных систем (более полный обзор и результаты исследования этого класса задач можно найти в [50, 65, 108, 115]).

В большинстве работ по теории управления оргсистемами используется предположение, что состав участников системы, то есть набор управляющих органов – центров – и управляемых субъектов – агентов – фиксирован. Если известно решение задачи управления для фиксированного состава, то появляется возможность рассмотрения задачи управления составом, то есть задачи определения оптимального (в оговариваемом ниже смысле) набора агентов и центров, которых следует включить в систему, и тех их действий, которые наиболее выгодны для метacentра (или центров, если последних несколько).

Перечислим основные известные подходы к решению задач управления составом (отметим, что мы не рассматриваем *задачи развития персонала*, традиционно относимые к классу задач управления составом – описание результатов их исследования можно найти в [13, 35, 58, 65]).

В *теории контрактов* [168, 172] исследовались модели определения оптимального числа работников (в основном, однородных) при ограничениях согласованности стимулирования и резервной заработной платы – см. обзор [25].

В рамках *экономики труда* [160, 165] основной результат, определяющий оптимальное количество работников, отражает равенство производимого ими предельного продукта (предельной производительности) и предельных затрат на их привлечение и удержание (см. обсуждение взаимосвязи между экономикой труда и задачами управления организационными системами в [115]). Количество дополнительной продукции (дохода), которое получа-

ет фирма, нанимая одного дополнительного (сверх уже работающих) работника (единицу труда), называется предельным продуктом труда. Предельные издержки есть затраты центра на стимулирование при приеме на работу дополнительного работника. Условие максимизации прибыли (разности между доходом центра и его затратами на стимулирование) требует, чтобы прибыль была максимальна. Для этого следует изменять число занятых (увеличивать, если предельный доход превышает предельные издержки, и уменьшать в противном случае) до тех пор, пока предельный доход не будет равен предельным издержкам.

В *экономике организаций* принят следующий общий подход к определению оптимального размера организации (см. подробное обсуждение и ссылки в [91]). С одной стороны, существует рынок – как система обмена прав собственности. С другой стороны, экономические агенты объединяются в организации, взаимодействующие на рынке. Объяснением существования экономических организаций служит необходимость компромисса между транзакционными издержками и организационными издержками, которые определяются «затратами на координацию» внутри организации, которые растут с увеличением ее размеров.

Обсудим теперь кратко результаты, полученные в рамках *теории активных систем*. Впервые в теории активных систем задачи формирования состава рассматривались в [23] для случая назначения проектов. Вообще, задача о назначении (с неизвестными центру и сообщаемыми ему агентами параметрами эффективности их деятельности на различных должностях) неоднократно привлекала внимание исследователей, особенно в области управления проектами [29, 73].

Несколько моделей, в которых определялось оптимальное с точки зрения информационной нагрузки на центр число агентов, которых следует включать в систему, рассматривались в работе [108] при изучении факторов, определяющих эффективность управления многоуровневыми организационными системами.

Наиболее представительным классом механизмов управления оргсистемами, которые могут рассматриваться как задачи формирования состава, являются *конкурсные* и *аукционные механизмы*, в которых ресурс или работы распределяются между претендентами на основании упорядочения эффективностей их деятельности.

Примерами являются прямые, простые и двухэтапные конкурсы, задачи назначения исполнителей (так называемые сложные конкурсы) и др. [30].

Первые систематические постановки задач формирования состава (отметим, что речь идет именно о задачах формирования состава, а не управления составом, так как в большинстве известных моделей речь идет о формировании состава системы «с нуля») появились недавно – см. монографию [120]. В упомянутой работе выделяются три общих подхода к решению задач формирования состава оргсистемы на основании рассмотрения задач стимулирования. Первый подход заключается в «лобовом» рассмотрении всех возможных комбинаций потенциальных участников системы. Его достоинство – нахождение оптимального решения, недостаток – высокая вычислительная сложность. Второй подход основывается на методах локальной оптимизации (перебора составов из некоторой окрестности определенного состава). Используемые при этом эвристические методы в общем случае не дают оптимального решения и поэтому требуют оценивания их гарантированной эффективности. И, наконец, третий подход заключается в исключении заведомо неэффективных комбинаций агентов на основании анализа специфики задачи. При этом вычислительная сложность резко сокращается, и иногда удается получить точное (оптимальное) решение, но, к сожалению, данный подход применим далеко не всегда, и в каждом конкретном случае возможность его использования требует соответствующего обоснования.

На сегодняшний день наиболее полное исследование задач управления составом оргсистем (как подчиненного, так и управляющего звена) проведено в монографии [65].

Завершив краткий обзор моделей оптимизации состава организационных систем, приведем классификацию задач управления составом.

*Задача формирования состава* формулируется как задача поиска допустимого состава, эффективность управления которым была бы максимальна. При этом явно или по умолчанию подразумевается, что оргсистема формируется заново. Если же речь идет о формировании нового состава для уже существующей ОС, то есть об *оптимизации состава* – переходе от некоторого начального состава к конечному, то критерий эффективности управления

должен зависеть и от начального, и от конечного состава, так как часть увольняемых работников необходимо трудоустроить, обеспечивать их пособиями и т.д.

Таким образом, из множества задач управления составом можно выделить задачи формирования состава и задачи оптимизации состава (критерий классификации – наличие или отсутствие начального состава) – см. рисунок 18. Среди задач оптимизации состава выделим как частные случаи задачи расширения состава, задачи сокращения состава и задачи замены состава – см. рисунок 18.

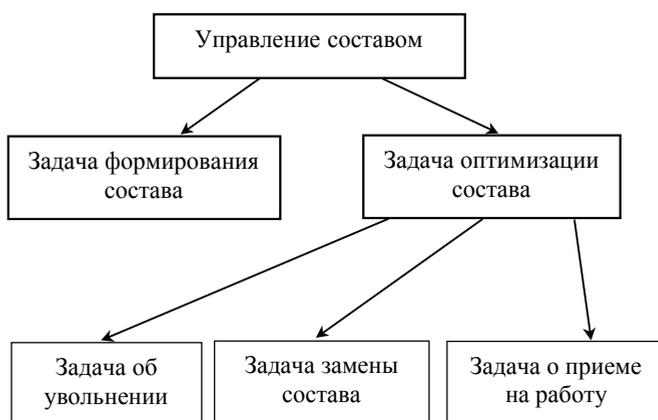


Рис. 18. Классификация задач управления составом

Применительно к образовательным комплексам задача формирования состава решается при создании нового образовательного комплекса. Задача об увольнении соответствует закрытию части ОУ, филиалов и т.д., входящих в ОК. Задача о приеме на работу соответствует открытию новых филиалов, приема в ОК новых ОУ. Задача замены состава заключается в одновременном решении двух предыдущих задач.

Ниже в настоящем разделе рассматривается модель, соответствующая типовой задаче – задаче формирования образовательного комплекса.

**Модель формирования образовательного комплекса.** В настоящем подразделе формулируется и решается задача определения оптимального набора образовательных учреждений из заданной образовательной сети, включаемых во вновь создаваемый ОК.

Рассмотрим сначала причины, способствующие и препятствующие образованию ОК. Пусть ОС состоит из множества  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  ОУ, реализующих множество  $Q = \{1, 2, \dots, m\}$  ОП. Пусть известны затраты  $c_{ij}$   $j$ -го ОУ на подготовку одного выпускника по  $i$ -ой ОП,  $i \in Q, j \in N$ . Предположим, что известен спрос  $D_i$  на образовательные услуги по  $i$ -ой ОП,  $i \in Q$ .

На пропускные способности ОУ  $s_{ij}$  наложены ограничения сверху:  $s_{ij} \leq S_{ij}, i \in Q, j \in N$ .

Рассмотрим поведение  $j$ -го ОУ. Оно устанавливает цену  $\lambda_{ij}$  на образовательные услуги (эта цена может быть фиксирована и определяться нормативами государственного финансирования), решая задачу максимизации собственной прибыли (постоянные затраты мы пока не учитываем):

$$(1) \sum_{i \in Q} (\lambda_{ij} - c_{ij}) s_{ij} \rightarrow \max_{\lambda_{ij}, s_{ij}, i \in Q},$$

$$(2) 0 \leq s_{ij} \leq S_{ij}, i \in Q.$$

Каждое из ОУ, решая задачи вида (1)-(2), вынуждено прогнозировать поведение оппонентов и реакцию потребителей образовательных услуг – не учитывая транспортной доступности, можно считать, что абитуриент выберет то ОУ, которое по интересующей его ОП предложит меньшую цену.

В итоге сложится равновесие второй цены [30, 172] – стоимость обучения по  $i$ -ой ОП будет равна второй цене в упорядоченности ОУ по возрастанию затрат на обучение по данной ОП. В результате получим полную дифференциацию – в условиях свободной конкуренции  $i$ -ю ОП будут реализовывать только те ОУ, удельные затраты которых на обучение по данной ОП минимальны. При этом нет никаких гарантий удовлетворения спроса на образовательные услуги.

Если цена на обучение по  $i$ -ой ОП фиксирована, то каждое ОУ будет проводить набор только по тем ОП, которые являются при заданной цене прибыльными. Таким образом, в условиях децентрализации институализация единой цены не является эффектив-

ным средством обеспечения сбалансированности спроса и предложения (как и затратные методы формирования бюджетов ОУ).

Рассмотрим, что произойдет, если все ОУ объединятся в ОК. Тогда ОК должен решить при фиксированных ценах  $\lambda_i$  на обучение по различным ОП,  $i \in Q$ , следующую задачу:

$$(3) \sum_{i \in Q} \sum_{j \in N} (\lambda_i - c_{ij}) s_{ij} \rightarrow \max_{s_{ij}, i \in Q, j \in N},$$

$$(4) 0 \leq s_{ij} \leq S_{ij}, i \in Q, j \in N.$$

Сравнение задач (1)-(2) и (3)-(4) обосновывает справедливость следующего утверждения.

Утверждение 1. Суммарный спрос на образовательные услуги, удовлетворяемый образовательным комплексом, не ниже суммы спросов на образовательные услуги, удовлетворяемых в равновесии независимыми образовательными учреждениями.

Если добавить условие полного удовлетворения спроса, к задаче (3)-(4) добавится система ограничений:

$$(5) \sum_{j \in N} s_{ij} = D_i, i \in Q.$$

Если ограничение (4) заменить на ограничение  $R_j$  суммарной пропускной способности  $j$ -го ОУ (без детализации на ОП):

$$(6) \sum_{i \in Q} s_{ij} \leq R_j, j \in N,$$

то получим задачу (3), (5), (6), которая является классической транспортной задачей, методы решения которой хорошо известны [19, 28]. Эта модель хорошо иллюстрирует распространенную практику – «обязуемся обучить всех чему-то, но не беремся удовлетворить образовательные запросы каждого».

Таким образом, *предпосылками создания* (и роста) образовательных комплексов являются:

- увеличение суммарного спроса на образовательные услуги;
- снижение удельных постоянных затрат;
- увеличение суммарной прибыли ОУ (из анализа систем ограничений (2) и (4)-(6) видно, что прибыль ОК не меньше суммы прибылей независимых ОУ).

Итак, существуют весомые основания для создания и расширения ОК. Что же препятствует их созданию и ограничивает их рост? Ведь, если бы таких причин не было, то вся наша система

образования превратилась в один гигантский ОК, поглотивший все ОУ. *Ограничениями создания* (и роста) образовательных комплексов являются<sup>1</sup>:

- организационные издержки (неоднократно упоминавшиеся выше);

- монополизация рынка образовательных услуг<sup>2</sup> (рост цен, реализация «выгодных» образовательных программ и проектов);

- наличие в образовательной сети неэффективных образовательных учреждений.

Рассмотрим модель, иллюстрирующую последний из перечисленных факторов, сдерживающих создание и неограниченный рост ОК (фактически, рассматриваемая ниже модель является моделью оптимизации состава образовательной сети).

Пусть имеется одна ОП. Обозначим:  $c_i$  – постоянные издержки  $i$ -го ОУ,  $\alpha_i$  – удельные переменные издержки,  $R_i$  – ограничение пропускной способности,  $i \in N$ ,  $D$  – суммарный спрос на образовательные услуги.

Задача распределения нагрузки  $s_i$ ,  $i \in N$ , между ОУ, входящими в территориальную сеть, заключается в следующем:

$$(7) \sum_{i \in N} \alpha_i s_i \rightarrow \min_{\{s_i\}}$$

$$(8) 0 \leq s_i \leq R_i, i \in N,$$

$$(9) \sum_{i \in N} s_i = D.$$

В силу линейности целевой функции (7) оптимальным решением задачи (7)-(9) линейного программирования будет следующее: упорядочить ОУ в порядке возрастания удельных переменных издержек (сумма постоянных издержек в целевую функцию не входит, так как является константой) и выделять максимальную нагрузку последовательно – первому, затем второму и т.д., пока не исчерпается спрос.

---

<sup>1</sup> Отметим, что мы перечисляем основные «объективные» экономические предпосылки, не затрагивая таких субъективных факторов как отношения руководителей ОУ друг с другом и с руководителями органов управления образованием, администрацией регионов, муниципалитетов и т.д.

<sup>2</sup> Борьба с эффектом монополизации при этом ложится на плечи государственных институтов управления системой образования.

Предположим, что альтернативой использования всей ОС является создание ОК, включающего ОУ из множества  $P \subseteq N$ , и распределение всей нагрузки между элементами данного ОК:

$$(10) \sum_{i \in P} (c_i + \alpha_i s_i) \rightarrow \min_{\{s_i\}, P \subseteq N}$$

$$(11) 0 \leq s_i \leq R_i, i \in P,$$

$$(12) \sum_{i \in P} s_i = D.$$

Задача (10)-(12) является уже задачей дискретной оптимизации.

Если суммарные затраты на удовлетворение спроса на образовательные услуги в ОК меньше, чем в ОС, то создание ОК экономически оправданно.

Так как решение задачи (7)-(9) тривиально, а решение задачи (10)-(12) может вызвать определенные затруднения, то возникает вопрос – нельзя ли предложить простой критерий включения ОУ в ОК, например, на основе постоянных издержек ОУ, или их удельных постоянных издержек, или удельных переменных издержек и т.д. (см. также эвристические алгоритмы оптимизации организационных структур в [46])?

Оказывается, что универсальных эвристических алгоритмов не существует. Приведем иллюстративный пример. Пусть имеются  $n = 3$  ОУ, характеристики которых приведены в таблице 6.

Таблица 6

Характеристики образовательных учреждений

$i$	$c_i$	$\alpha_i$	$R_i$
1	10	2	10
2	20	1	15
3	30	1,5	20

Предположим, что суммарный спрос на образовательные услуги равен  $D = 30$ .

Решение задачи (7)-(9) имеет вид:  $s_1 = 0$ ,  $s_2 = 15$ ,  $s_3 = 15$ , что приводит к суммарным затратам равным 97,5 (удельные затраты – 3,25).

Рассмотрим теперь задачу (10)-(12). Существуют два ОК, отличных от ОС  $N = \{1; 2; 3\}$ , которые в состоянии удовлетворить суммарный спрос – первый комплекс включает первое и третье ОУ, второй – второе и третье.

Решение задачи (10)-(12) для ОК  $P = \{1; 3\}$  имеет вид:  $s_1 = 10$ ,  $s_3 = 20$ , что приводит к суммарным затратам равным 90 (удельные затраты – 3).

Решение задачи (10)-(12) для ОК  $P = \{2; 3\}$  имеет вид:  $s_2 = 15$ ,  $s_3 = 15$ , что приводит к суммарным затратам равным 87,5 (удельные затраты – 2,92).

Таким образом в оптимальный состав образовательного комплекса входят второе и третье ОУ, а первое ОУ, характеризующееся минимальными постоянными затратами, не войдет в состав ОК.

В заключение настоящего подраздела отметим, что перспективным направлением дальнейших исследований представляется рассмотрение моделей формирования образовательных комплексов (их структурной оптимизации) в терминах кооперативных игр [49, 50, 166, 172, 174].

## 2.2. МЕХАНИЗМЫ ПОТОКОВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

В разделе 1.4 введена потоковая модель ОК. Проанализируем имеющиеся для нее место балансовые ограничения, а затем обсудим возможные постановки задач потоковой оптимизации (оптимизации потоков в сети образовательных программ) и методы их решения.

**Балансовые ограничения.** Напомним, что потоковая модель основывается на графе образовательных программ. Рассмотрим ОП  $i$ -го уровня ( $i = \overline{1, m}$ ), реализуемую  $j$ -ым ( $j = \overline{1, n}$ ) ОУ, входящим в ОК. Входящие потоки ОП $_{ij}$  складываются из входящего потока абитуриентов  $D_{ij}^E \geq 0$  (измеряемого в чел. / ед. времени) и входящих потоков  $d_{klj} \geq 0$ ,  $k = \overline{1, i-1}$ ,  $l = \overline{1, n}$ , выпускников других ОП более низких уровней. Исходящие потоки ОП $_{ij}$  складываются из исходящего потока выпускников  $D_{ij}^L \geq 0$  и исходящих потоков

$d_{ijpq} \geq 0$ ,  $p = \overline{i+1, m}$ ,  $q = \overline{1, n}$  тех, кто продолжает обучение по ОП более высоких уровней. Пропускная способность ОП <sub>$ij$</sub>  выше обозначена  $S_{ij}$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Балансовое ограничение («закон сохранения») для ОП <sub>$ij$</sub>  имеет следующий вид:

$$(1) \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{l=1}^n d_{klj} + D_{ij}^L = S_{ij} = \sum_{k=i+1}^m \sum_{l=1}^n d_{ijk} + D_{ij}^L, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Для ОК в целом также имеет место соответствующее балансовое ограничение:

$$(2) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}^E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}^L.$$

Обозначим:  $S_i = \sum_{j=1}^n S_{ij}$  – пропускную способность ОК по  $i$ -ой

ОП,  $i = \overline{1, m}$ ,  $s_j = \sum_{i=1}^m S_{ij}$  – пропускную способность  $j$ -го ОУ,

$j = \overline{1, n}$ ,  $S = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}^E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n D_{ij}^L$  – пропускная способность ОК.

Из (1) и (2) следует, что

$$(3) \sum_{j=1}^n s_j = \sum_{i=1}^m S_i \geq S,$$

то есть, сумма пропускных способностей ОУ равна сумме пропускных способностей ОП и не меньше пропускной способности ОК.

Назовем *квазиразрезом* любое множество ОП, включающее выход и не включающее вход. *Пропускной способностью квазиразреза* назовем сумму потоков, заходящих в разрез за вычетом суммы потоков из него исходящих.

Таким образом, справедливо следующее утверждение.

Утверждение 2. Пропускная способность любого квазиразреза равна пропускной способности образовательного комплекса.

Так как рассматриваемый граф является сетью (в частности, в нем отсутствуют контуры), то в нем возможна правильная нумерация – такая перенумерация ОП числами от 1 до  $m \cdot n$ , что дуги будут

идти только от ОП с меньшим номером к ОП с большим номером. Для такой сети можно ставить и решать задачи о максимальном потоке, потоке минимальной стоимости и т.д. – см. [28].

**Задача потоковой оптимизации.** Предположим, что известен спрос на образовательные услуги – для каждой ОП<sub>*ij*</sub> известно число абитуриентов, желающих ее освоить. Тогда в задаче удовлетворения спроса для управления не остается «степеней свободы» – необходимо выбрать пропускные способности ОП равными соответствующему спросу. Если это невозможно (является недопустимым решением), то задача решения не имеет.

Поэтому усложним задачу, а именно предположим, что задан спрос

$$D_i = \sum_{k=1}^{i-1} \sum_{l=1}^n d_{klj} + \sum_{j=1}^n D_{ij}^L$$

на обучение по *i*-ой ОП,  $i = \overline{1, m}$ . Пусть заданы затраты  $c_{ij}(S_{ij})$  на обеспечение пропускной способности  $S_{ij}$  *ij*-ой образовательной программы,  $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ .

Тогда задача потоковой оптимизации примет вид: минимизировать затраты<sup>1</sup>

$$(4) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}(S_{ij}) \rightarrow \min_{\{S_{ij} \geq 0\}}$$

при ограничениях

$$(5) \sum_{j=1}^n S_{ij} \geq D_i, \quad i = \overline{1, m}.$$

Получили стандартную задачу математического программирования (4)-(5). Если функции затрат линейны и присутствуют ограничения сверху на пропускные способности ОП, то оптимальным будет конкурсное решение [28, 30], когда ОУ по каждой ОП упорядочиваются в порядке возрастания удельных затрат и их загрузка производится по максимуму, начиная с первого, пока не будет выполнено условие (5). Если функции затрат выпуклы и

---

*1 Если присутствуют дополнительные ограничения на пропускные способности образовательных программ, то их следует учесть при постановке и решении задачи потоковой оптимизации.*

имеют в нуле нулевую производную и ограничения сверху на пропускные способности ОП отсутствуют, то оптимальным будет решение, в котором для любой ОП маржинальные затраты всех ОУ, реализующих данную ОП, будут одинаковы.

Выше отмечалось, что задачи управления ОК часто оказываются дискретными в силу требований «комплектности». Например, может производиться не просто набор на некоторую ОП, а формирование группы (класса, потока и т.д.) заданного объема. Обусловлено это может быть, в первую очередь, ограничениями материальной базы – учебных классов, аудиторий и т.д.

Пусть  $q_{ij}$  – размер «единицы измерения»  $S_{ij}$ , то есть допустимы значения пропускных способностей по ОП<sub>*ij*</sub>, кратные величине  $q_{ij}$ . Тогда задача (4)-(5) будет заключаться в поиске оптимального числа  $n_{ij}$  «комплектов»:

$$(6) \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}(n_{ij}q_{ij}) \rightarrow \min_{\{n_{ij}=0,1,\dots\}}$$

при ограничениях

$$(7) \sum_{j=1}^n n_{ij}q_{ij} \geq D_i, \quad i = \overline{1, m}.$$

Если функции затрат  $c_{ij}(\cdot)$  линейны, то задача (6)-(7) является обобщением задачи о ранце и может быть решена методом динамического программирования. Если  $c_{ij}(\cdot)$  – нелинейные функции (а именно этот случай выделялся в разделе 2.1 как типовой для ОК), то (6)-(7) является задачей целочисленного программирования.

Наконец, рассмотрим наиболее общий случай. Пусть для каждой образовательной траектории – пути  $\mu$  в сети ОП, связывающего вход с выходом, – задано число  $n(\mu)$  абитуриентов, выбравших данную образовательную траекторию. Обозначим  $M$  – множество всех образовательных траекторий.

В рассматриваемом случае спрос на образовательные услуги характеризуется кортежем  $\{n(\mu), \mu \in M\}$ . В силу предположения о стационарности потоков ограничение (5) в задаче потоковой оптимизации примет вид:

$$(8) S_{ij} \geq \sum_{\{\mu \in M | (ij) \in \mu\}} n(\mu), \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

то есть пропускная способность любой ОП должна быть не меньше, чем сумма потоков всех образовательных траекторий, проходящих через данную ОП.

Решение задачи потоковой оптимизации (5), (8) будет состоять из двух этапов – поиска множества допустимых с точки зрения спроса образовательных траекторий (именно эта задача представляет собой наибольшую вычислительную сложность; методы ее решения можно найти в [19]) и собственно решение оптимизационной задачи, которая тривиальна – если функции затрат монотонны, то решением  $\{S_{ij}^*\}$  задачи (5), (8) будет выбор минимально возможных пропускных способностей:

$$(9) S_{ij}^* = \sum_{\{\mu \in M \mid (ij) \in \mu\}} n(\mu), \quad i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

В заключение настоящего раздела отметим, что постановка (4)-(5) задачи потоковой оптимизации основывается на существовании зависимости затрат ОУ на реализацию тех или иных образовательных программ. Возможен и другой подход – если имеется некоторый ограниченный ресурс (например, аудитории, лекционные часы, преподаватели и т.д.), то можно ставить задачу распределения этого ресурса между ОП с тем, чтобы экстремизировать заданный критерий (например, отклонение реальной пропускной способности от спроса). Получающаяся при этом задача относится к классу задач распределения ресурса на сетях. Методы ее решения рассмотрены в [19, 24, 28].

Таким образом, сформулированные выше задачи потоковой оптимизации сети образовательных программ (или множества образовательных траекторий) сведены к известным оптимизационным задачам. В качестве перспективного направления дальнейших исследований отметим, что актуальным (и соответствующим запросам образовательной практики) представляется постановка и решения задач потоковой оптимизации в терминах образователь-

ных траекторий<sup>1</sup> – когда и образовательный комплекс осуществляет предложение образовательных услуг в терминах образовательных траекторий, и абитуриенты выражают свои предпочтения (спрос на образовательные услуги) также в терминах траекторий своего движения в образовательном пространстве.

### 2.3. МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Механизмы распределения ограниченных ресурсов играют существенную роль в управлении социально-экономических системами. В настоящем разделе рассматриваются две типовых для функционирования образовательных комплексов задачи распределения ресурса – задача децентрализации механизмов распределения ресурса и задача распределения затрат.

**Проблема децентрализации процедур планирования.** В двухуровневой организационной системе, состоящей из одного управляющего органа (центра) на верхнем уровне иерархии и  $n$  управляемых субъектов – агентов – на нижнем уровне, *механизмом планирования* называется отображение множества допустимых сообщений, передаваемых агентами центру, во множество допустимых планов агентов. Механизмы планирования (в том числе такие их свойства как эффективность, манипулируемость, т.е. достоверность сообщаемой элементами информации и др.) исследуются в теории управления организационными системами и включают в себя механизмы распределения ресурса и затрат, экспертизы, внутрифирменного управления и др. [21, 29, 30].

В большинстве работ по теоретико-игровым моделям механизмов планирования рассматриваются именно двухуровневые системы. В то же время, на практике широко распространены многоуровневые (трех- и более уровневые) иерархические структуры управления. Следовательно, возникает задача исследования

---

<sup>1</sup> Плюсом такого подхода с точки зрения формальных моделей является то, что образовательная траектория (достаточно сложный объект – путь в сети образовательных программ) превращается в новую переменную – «сложную образовательную программу», поэтому, быть может, осуществлять планирование и оптимизацию функционирования ОК в терминах образовательных траекторий окажется проще, чем в терминах ОП.

механизмов планирования в многоуровневых системах. В настоящей работе используется подход, предложенный в [108] и заключающийся в следующем. Введение в двухуровневой системе при фиксированном наборе агентов дополнительных уровней управления называется ее *децентрализацией*. При децентрализации системы неизбежно (в силу объективно ограниченных возможностей ее участников по переработке информации) возникает необходимость агрегирования информации по мере роста уровня иерархии. Следовательно, возникает *задача агрегирования*: при каких децентрализациях механизма планирования наличие агрегирования не ухудшает его свойств, в том числе, в первую очередь, не снижает эффективности управления. На сегодняшний день общего решения задачи агрегирования, к сожалению, не существует. Поэтому ниже приводится ее решение, соответствующее переходу от двухуровневой к трехуровневой оргсистеме, для широко распространенного на практике частного случая – рассматривается задача децентрализации механизмов распределения ресурса.

Рассмотрим трехуровневую АС, состоящую из одного управляющего органа (центра) на верхнем уровне иерархии,  $n$  промежуточных центров  $\{Ц_j\}$  на втором уровне,  $j = \overline{1, n}$ , и  $N$  управляемых объектов – агентов  $\{A_{ij}\}$ ,  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ,  $\sum_{j=1}^n n_j = N$ , на нижнем

уровне. Будем считать, что каждый агент подчинен одному и только одному центру промежуточного уровня, т.е. структура подчиненности в рассматриваемой системе имеет вид дерева – см. рисунок 19. Содержательно, центр соответствует руководству ОК в целом, центры промежуточного уровня – ОУ, входящим в ОК, а агенты – филиалам или подразделениям ОУ.

Совокупность центра  $Ц_j$  промежуточного уровня и  $n_j$  подчиненных ему агентов будем называть  $j$ -ой подсистемой (отметим, что всюду далее в трехуровневых системах индекс  $i$  обозначает номер агента в подсистеме, индекс  $j$  – номер подсистемы). Совокупность центра и промежуточных центров будем называть *мета-системой*.

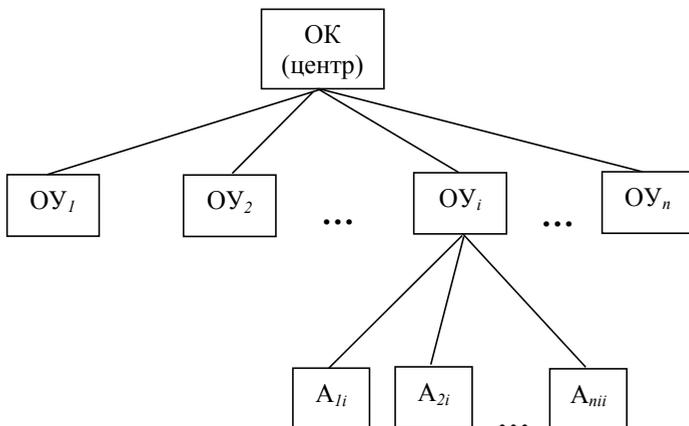


Рис. 19. Трехуровневая структура образовательного комплекса

Обозначим:  $s_{ij} \in \Omega_{ij}$  – сообщение  $i$ -го агента  $j$ -й подсистемы соответствующему центру промежуточного уровня,  $i = \overline{1, n_j}$ ,

$j = \overline{1, n}$ ;  $s_j = (s_{1j}, s_{2j}, \dots, s_{n_j j}) \in \Omega_j = \prod_{i=1}^{n_j} \Omega_{ij}$  – вектор сообщений

агентов  $j$ -ой подсистемы;  $s = (s_1, s_2, \dots, s_n) \in \Omega' = \prod_{i,j} \Omega_{ij}$  – вектор

сообщений всех агентов системы;  $S^j = Q_j(s_j) \in \Omega^j$  – сообщение Ц центра, зависящее от полученных первым сообщениям агентов соответствующей подсистемы,  $Q_j: \Omega_j \rightarrow \Omega^j$  – процедура агрегирования информации;  $S = (S^1, S^2, \dots, S^n)$  – вектор агрегированных

сообщений подсистем;  $S \in \Omega = \prod_{j=1}^n \Omega^j$ .

План  $X_j$ , назначаемый центром  $j$ -ой подсистеме, определяется процедурой планирования  $\Pi(S)$ ,  $\Pi: \Omega \rightarrow \mathcal{R}^n$ , т.е.  $X_j = \Pi_j(S)$ ,  $j = \overline{1, n}$ . План  $x_{ij}$ , назначаемый  $j$ -м центром  $A_{ij}$ , определяется в соответствии с процедурой планирования  $\pi_j(s_j, X_j)$  вектором  $s_j$  сообщений агентов этой подсистемы и ее планом  $X_j$ , т.е.  $x_{ij} = \pi_{ij}(s_j, X_j)$ ,  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Функция предпочтения агента  $\varphi_{ij}(x_{ij}, r_{ij}): \mathcal{R}^2 \rightarrow \mathcal{R}^1$  зависит от назначенного центром плана  $x_{ij}$  и некоторого параметра  $r_{ij}$ . Относительно функций предпочтения, отражающих интересы агентов, предположим, что они являются *однопиковыми*, т.е. непрерывны, строго монотонно возрастают до точки пика (идеальной точки)  $r_{ij}$  и строго монотонно убывают после точки пика [111].

Примем следующую последовательность функционирования: центр сообщает подсистемам процедуру  $\Pi(\cdot)$ , затем промежуточные центры сообщают агентам процедуры  $\pi(\cdot, \cdot)$ , после чего агенты одновременно и независимо сообщают информацию промежуточным центрам, а те, в свою очередь, сообщают центру агрегированную информацию.

Предположим, что участники трехуровневой системы обладают следующей информацией: функции предпочтения агентов (с точностью до параметров) и допустимые множества известны всем участникам системы; агенту известно точное значение параметра его собственной функции предпочтения, а также все процедуры планирования; промежуточным центрам известна процедура планирования, выбранная центром, и становятся известны сообщения агентов; центру верхнего уровня становятся известны агрегированные сообщения и неизвестны сообщения агентов в подсистемах.

Будем считать, что агенты ведут себя некооперативно, выбирая доминантные или равновесные по Нэшу стратегии [49]. Пусть  $s^*$  – вектор равновесных стратегий. Очевидно, что любое фиксированное равновесное сообщение  $s^* = s^*(r)$  зависит от  $r$  – вектора точек пика.

Естественно, в общем случае все участники системы (в том числе и управляющие органы всех уровней) обладают свойством активности, т.е. имеют собственные интересы и преследуют собственные цели. Для механизмов планирования, при изучении которых основной акцент традиционно делается на их *манипулируемости* (достоверности сообщаемой информации), это означает, что и агенты, и центры промежуточных уровней могут искажать информацию. В настоящей работе мы ограничимся частным случаем «пассивных» центров промежуточного уровня, отнеся анализ общего случая к перспективным направлениям будущих исследо-

ваний. Следовательно, в рассматриваемой модели считается, что центры промежуточных уровней выполняют роль передатчиков информации. При этом трехуровневая система может рассматриваться как двухуровневая, в которой центр получает агрегированную информацию от групп агентов (подсистем).

Рассмотрим задачу агрегирования. Пусть дана трехуровневая система с некоторым механизмом планирования. Соответствующей ей двухуровневой системой назовем систему, состоящую из центра верхнего уровня и тех же агентов (и наоборот). В соответствующей двухуровневой системе стратегией каждого агента является сообщение центру некоторой информации  $s_{ij} \in \Omega_{ij}$ ,  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Центр на основании сообщенной ему информации назначает агентам планы  $x_{ij} = g_{ij}(s)$ , где  $g_{ij}$  – процедура (механизм) планирования,  $s \in \Omega' = \prod_{i,j} \Omega_{ij}$  – вектор сообщений всех агентов.

Соответствующим механизму  $g: \Omega' \rightarrow \mathcal{R}^N$  прямым механизмом планирования  $h(\cdot): \mathcal{R}^N \rightarrow \mathcal{R}^N$  называется механизм  $h(r) = g(s^*(r))$ , ставящий в соответствие вектору точек пика агентов вектор планов. Если в соответствующем прямом механизме сообщение достоверной информации является равновесной стратегией, то такой механизм называется эквивалентным прямым (неманипулируемым) механизмом. Определим для данного механизма планирования в трехуровневой системе эквивалентный (непрямой) механизм планирования в соответствующей двухуровневой системе:

$$(1) g_{ij}(s) = \pi_{ij}(s_j, X_j) = \pi_{ij}(s_j, \Pi_j(S)) = \pi_{ij}(s_j, \Pi_j(Q_1(s_1), Q_2(s_2), \dots, Q_n(s_n))).$$

Таким образом, для любого механизма планирования в трехуровневой системе существует двухуровневая система с тем же набором агентов и механизм планирования в ней, которые приводят к тому же назначению планов и, следовательно, к тем же равновесным сообщениям. Значит, можно утверждать, что для любого механизма планирования в трехуровневой системе существует эквивалентный (в том числе не меньшей эффективности) непрямой механизм планирования в соответствующей двухуровневой системе.

Рассмотрим теперь обратную задачу. Пусть имеется двухуровневая система с некоторым механизмом планирования. Вопрос заключается в том, существует ли трехуровневая система (с тем же составом агентов; такую систему выше предложено называть соответствующей) и механизм планирования в ней, такие, чтобы равновесные сообщения и назначаемые планы в этих системах были одинаковы. Эта задача в [108] названа *задачей децентрализации механизмов планирования*.

Содержательно, задача заключается в следующем – можно ли в ОК и в составляющих его ОУ использовать те же механизмы планирования, которые использовались в независимых ОУ, и не приведет ли это к снижению эффективности, искажению информации и т.д.?

Если на класс возможных трехуровневых систем не наложено никаких ограничений, то ответ на поставленный вопрос, очевидно, положителен: взяв  $n = N$  и выбрав в качестве функций агрегирования тождественное преобразование (такую трехуровневую систему назовем тривиальной), получим механизм, удовлетворяющий (1). Содержательно, в этом случае число промежуточных центров равно числу агентов и агрегирование отсутствует – вся информация без «искажений» передается от агентов центру. Однако, понятно, что в таком тривиальном механизме будут велики организационные издержки (когда филиалы и подразделения ОУ взаимодействуют напрямую с руководством ОК).

Сложнее дело обстоит в случае, когда класс допустимых трехуровневых систем ограничен, например, может быть фиксирован состав подсистем и процедуры планирования для подсистем, или могут быть фиксированы функции агрегирования и т.д. Понятно, что в общем случае не для всякой двухуровневой системы (не для всяких ограничений) можно сконструировать эквивалентную в смысле (1) трехуровневую систему. Приведем формальные определения.

Пусть имеется двухуровневая система с механизмом планирования  $g_{ij}(s)$ . Обозначим:  $\mathcal{E}_\pi = \{\pi_{ij}\}$  – класс процедур планирования в подсистемах,  $\mathcal{E}_\Pi = \{\Pi_j\}$  – класс процедур планирования в метасистеме,  $\mathcal{E}_Q = \{Q_j\}$  – класс процедур агрегирования,  $\mathcal{E} = \{\mathcal{E}_\pi, \mathcal{E}_\Pi, \mathcal{E}_Q\}$  – класс допустимых механизмов планирования в

трехуровневой системе (ниже в основном исследуется частный случай:  $g_{ij}(s) \in \mathcal{E}_{II} = \mathcal{E}_{\pi}$ , т.е. случай, когда механизмы планирования в двухуровневой системе, метасистеме и всех подсистемах принадлежат одному классу).

Будем говорить, что механизм планирования  $g_{ij}(s)$  в двухуровневой системе допускает *идеальное агрегирование* в классе  $\mathcal{E}$ , если для *некоторой* нетривиальной соответствующей трехуровневой системы существует механизм планирования  $\tilde{\pi}_{ij}(s)$ , определяемый:

$$(2) \tilde{\pi}_{ij}(s) = \pi_{ij}(s_j, P_j(Q_1(s_1), Q_2(s_2), \dots, Q_n(s_n))),$$

который принадлежит  $\mathcal{E}$  и удовлетворяет:

$$(3) \forall s \in \mathcal{Q}, \tilde{\pi}_{ij}(s) = g_{ij}(s).$$

Будем говорить, что механизм планирования  $g_{ij}(s)$  в двухуровневой системе допускает *произвольную децентрализацию* в классе  $\mathcal{E}$ , если для *любой* соответствующей нетривиальной трехуровневой системы существует механизм  $\tilde{\pi}_{ij}(s)$ , определяемый (2), который принадлежит  $\mathcal{E}$  и удовлетворяет (3).

Содержательно, при идеальном агрегировании существует хотя бы одна соответствующая нетривиальная трехуровневая система (хотя бы одно разбиение агентов на подсистемы) с эквивалентным механизмом планирования. Если же допустима произвольная децентрализация, то агенты могут быть распределены по подсистемам произвольным образом и для каждого из разбиений найдется эквивалентный механизм планирования из заданного класса.

Очевидно, что любой механизм, допускающий при некоторых ограничениях  $\mathcal{E}$  произвольную децентрализацию, допускает при тех же ограничениях и идеальное агрегирование (но не наоборот). Более того, можно утверждать, что, если механизм планирования в двухуровневой системе обладает некоторой эффективностью, и/или неманипулируем и допускает идеальное агрегирование, то эквивалентный механизм планирования в соответствующей трехуровневой системе обладает в точности той же эффективностью и/или неманипулируем (оба свойства непосредственно следуют из (3) и определений эффективности и неманипулируемости [111, 124]).

**Децентрализация механизмов распределения ресурса.** Напомним постановку задачи распределения ресурса в двухуровне-

вой оргсистеме [30, 124]. Пусть в распоряжении центра имеется ресурс в количестве  $R$ . Стандартная формулировка задачи распределения ресурса подразумевает нахождение такого его распределения между агентами, которое максимизировало бы некоторый критерий эффективности, например, суммарную эффективность использования ресурса активными элементами. Если эффективность использования ресурса конкретным агентом не известна центру, то он вынужден использовать сообщения агентов, например, о требуемых количествах ресурса. Понятно, что если имеется дефицит ресурса, то возникает проблема манипулируемости – агенты могут сообщать центру недостоверную информацию, стремясь получить оптимальное для себя количество ресурса. Перейдем к описанию формальной модели.

Пусть агенты сообщают центру информацию  $s_{ij} \in \Omega_{ij} = [0; D_{ij}] \subseteq \mathcal{R}^1$  – заявки на ресурс,  $i = \overline{1, n_j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ . Центр на основании сообщенной ему информации назначает агентам планы (выделяет ресурс)  $x_{ij} = g_{ij}(s, R)$ , где  $g_{ij}$  – процедура распределения ресурса (планирования). Содержательно, точки пика  $r_{ij} \in \mathcal{R}^1$  (точки максимума целевых функций агентов) соответствуют оптимальному для них количеству ресурса. В дальнейшем мы будем

предполагать выполненной гипотезу дефицитности:  $\sum_{i,j} r_{ij} > R$ .

Относительно процедуры распределения ресурса предположим, что  $g_{ij}(s, R)$  непрерывны, строго монотонно возрастают по  $s_{ij}$  и  $R$  и строго монотонно убывают по  $s_{kl}$ ,  $k \neq i$ ,  $l \neq j$ ; весь ресурс распре-

деляется полностью:  $\sum_{i,j} x_{ij} = R$ ; ресурс делим в произвольных про-

порциях, причем любой АЭ может отказаться от ресурса вообще:

$\forall s_{-ij} \in \Omega_{-ij} = \prod_{k \neq i, j \neq l} \Omega_{kl} \quad g_{ij}(0, s_{-ij}, R) = 0$ , где  $s_{-ij}$  – обстановка для  $ij$ -го

агента.

В [21, 30, 111, 124] доказано, что для любого механизма из рассматриваемого класса механизмов распределения ресурса существует эквивалентный прямой механизм, т.е. неманипулируемый механизм, в котором все агенты сообщают оценки точек пика

и получают в равновесии то же количество ресурса, что и в исходном механизме.

Перейдем к рассмотрению механизмов распределения ресурса в трехуровневых системах. Пусть агенты сообщают соответствующим центрам промежуточного уровня свои заявки  $s_{ij} \in \Omega_{ij} = [0, D_{ij}] \subseteq \mathcal{R}^l$ , затем каждый из промежуточных центров сообщает центру верхнего уровня сумму поступивших к нему

заявок  $S^j = Q_j(s_j) = \sum_{i=1}^{n_j} s_{ij}$ , после чего происходит распределение

ресурса  $R$  между подсистемами:  $X_j = \Pi_j(S, R)$ , и, наконец, ресурс распределяется между агентами внутри каждой из подсистем:  $x_{ij} = \pi_{ij}(s_j, X_j)$ . Относительно  $(n + 1)$  процедуры распределения ресурса  $\{\Pi(\cdot), \pi_{ij}\}$  будем считать, что они удовлетворяют тем же предположениям, что и описанные выше механизмы распределения ресурса в двухуровневых системах.

Таким образом, характерной особенностью механизмов распределения ресурса в многоуровневых системах как классе механизмов планирования является то, что агрегированием информации в подсистемах является суммирование заявок агентов.

В [108] показано, что, например, механизмы распределения ресурса, основывающиеся на принципе обратных приоритетов [21, 30], не допускают произвольной децентрализации. В то же время, обширным классом механизмов распределения ресурса, допускающих произвольную децентрализацию, являются анонимные механизмы. Напомним, что анонимным механизмом называется механизм, симметричный относительно перестановок агентов [20, 99, 108, 124]. Для механизмов распределения ресурса это означает, что в анонимном механизме множества возможных сообщений АЭ одинаковы:  $\Omega_{ij} = [0; D]$ , а процедура планирования симметрична по заявкам агентов. Интуитивно понятно, что так как в анонимных механизмах агенты «равноправны», то, скорее всего, их можно группировать (по подсистемам в процессе децентрализации) произвольным образом. Сформулируем корректно это качественное предположение, приведя алгоритм децентрализации любой анонимной процедуры планирования.

Утверждение 3 [108]. Любой анонимный механизм распределения ресурса допускает произвольную децентрализацию.

Доказательство теоремы основывается на ряде простых лемм.

Лемма 1. Любой анонимный механизм распределения ресурса в двухуровневой системе эквивалентен механизму пропорционального распределения:

$$(4) x_{ij}(s) = \frac{S_{ij}}{\sum_{i,j} S_{ij}} R.$$

Справедливость леммы 1 следует из того факта, что все анонимные механизмы эквивалентны (в [20] доказано, что любой анонимный механизм эквивалентен механизму последовательного распределения ресурса), а механизм пропорционального распределения (4) является анонимным.

Приведем *процедуру последовательного распределения* [30]:

1. Упорядочить агентов в порядке возрастания точек пика;
2. Выделить всем агентам ресурс в количестве, требуемом агентам с минимальной точкой пика (если имеющегося ресурса хватает, в противном случае распределить ресурс поровну) и исключить этого агента из рассмотрения;
3. Выделить оставшимся агентам оставшийся ресурс в соответствии со вторым шагом.

Легко убедиться, что данная процедура распределения ресурса (соответствующий прямой механизм) неманипулируема, то есть сообщение достоверной информации является доминантной стратегией каждого агента.

Лемма 2. Для любого механизма пропорционального распределения ресурса в трехуровневой системе существует эквивалентный механизм пропорционального распределения в двухуровневой системе, и наоборот.

Справедливость утверждения леммы 2 следует из следующей

цепочки равенств: если  $X_j(S) = \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} R$ , где  $S_j = \sum_i s_{ij}$ , то

$$(5) x_{ij}(s) = \frac{S_{ij}}{\sum_{i=1}^{n_j} S_{ij}} X_j(S) = \frac{S_{ij}}{\sum_{i=1}^{n_j} S_{ij}} \frac{S_j}{\sum_{j=1}^n S_j} R = \frac{S_{ij}}{\sum_{i,j} S_{ij}} R.$$

Отметим, что равенства типа (5) имеют место в системе с любым числом уровней иерархии и любым разбиением агентов на подсистемы.

Пусть имеется некоторый анонимный механизм распределения ресурса в двухуровневой системе. По лемме 1 он эквивалентен механизму пропорционального распределения (4), для которого по лемме 2 можно построить систему с любым числом уровней иерархии и эквивалентным в силу (5) пропорциональным механизмом распределения ресурса. В обратную сторону, для любого анонимного механизма в многоуровневой системе можно построить эквивалентный анонимный механизм в двухуровневой системе.

Таким образом, мы обосновали справедливость следующего утверждения.

Утверждение 4. При использовании анонимных механизмов распределения ресурса, количества ресурса, получаемые в равновесии элементами образовательного комплекса не зависят от его структуры.

Таким образом, утверждение 4 дает условия, при которых результаты распределения ресурсов в равновесии не зависят от структуры (числа подразделений и их подчиненности) образовательного комплекса.

## 2.4. МЕХАНИЗМЫ МОТИВАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В настоящем разделе рассматриваются механизмы мотивационного управления – процедуры принятия управленческих решений относительно зависимости размеров вознаграждений подразделений и сотрудников ОК от результатов их деятельности.

Выделяются и исследуются два класса механизмов – поощрения ОУ за увеличение числа обучаемых в них учащихся или студентов, а также поощрения сотрудников ОУ.

**Механизмы экономической мотивации ОУ.** Рассмотрим следующую модель. Пусть известны затраты  $c_i(y_i)$   $i$ -го ОУ на увеличение  $y_i$  числа обучающихся,  $i \in N$ . Будем считать, что прирост  $y_i$  мал по сравнению с существующим потоком обучаемых, так что данное увеличение не приводит к росту постоянных затрат, следовательно функцию затрат можно считать непрерывной, возрастающей и выпуклой.

Пусть функции затрат агентов (ОУ) имеют вид:  $c_i(y_i) = r_i \varphi(y_i / r_i)$ , где  $\varphi(\cdot)$  – возрастающая гладкая выпуклая функция, такая, что  $\varphi(0) = 0$ . Обозначим  $\xi(\cdot) = \varphi^{r_i}(\cdot)$ .

Рассмотрим четыре механизма экономической мотивации агентов, а именно: механизм отчислений (налога с дохода), централизованный механизм, механизм с нормативом рентабельности и механизм налога с прибыли.

Механизм отчислений (налог на доход). Пусть задан доход агента  $\lambda$  от одного дополнительно обучаемого, и центр использует *норматив*<sup>1</sup>  $\gamma \in [0; 1]$  отчислений от дохода агентов. Тогда целевая функция  $i$ -го агента имеет вид:

$$f_i(y_i) = (1 - \gamma) \lambda y_i - c_i(y_i), \quad i \in N.$$

Величина  $\gamma$  – норматив отчислений – может интерпретироваться как ставка налога на доход (выручку). Каждый агент выберет действие, максимизирующее его целевую функцию:

$$y_i(\gamma) = r_i \xi((1 - \gamma) \lambda), \quad i \in N.$$

Целевая функция центра (руководства ОК), равная сумме отчислений агентов будет равна

$$\Phi(\gamma) = \gamma \lambda H \xi((1 - \gamma) \lambda),$$

где  $H = \sum_{i \in N} r_i$ .

Задача центра, стремящегося максимизировать свою целевую функцию заключается в выборе норматива отчислений:

$$\Phi(\gamma) \rightarrow \max_{\gamma \in [0; 1]}$$

---

<sup>1</sup> Легко проверить, что в рамках введенных предположений оптимально использование единого норматива для всех агентов.

Если функции затрат агентов являются функциями типа Кобба-Дугласа [67], то есть  $c_i(y_i) = \frac{1}{\alpha} (y_i)^\alpha (r_i)^{1-\alpha}$ ,  $\alpha \geq 1$ ,  $i \in N$ , то решение этой задачи имеет вид:

$$\gamma^*(\alpha) = \frac{\alpha - 1}{\alpha},$$

то есть оптимальное значение норматива отчислений  $\gamma^*(\alpha)$  возрастает с ростом показателя степени  $\alpha$ . Оптимальное значение целевой функции центра при этом равно:

$$\Phi_\gamma = \frac{\alpha - 1}{\alpha} \lambda H \xi(\lambda / \alpha),$$

а дополнительный набор (сумма действий агентов) равен

$$Y_\gamma = H \xi(\lambda / \alpha) = H (\lambda / \alpha)^{1/(\alpha-1)}.$$

Выигрыш  $i$ -го агента равен

$$f_{i\gamma} = \lambda r_i (1 - 1 / \alpha) (\lambda / \alpha)^{1/(\alpha-1)} / \alpha,$$

а сумма целевых функций всех участников системы (центра и всех агентов) равна:

$$W_\gamma = (\alpha^2 - 1) \lambda H (\lambda / \alpha)^{1/(\alpha-1)} / \alpha^2.$$

Централизованный механизм. Сравним найденные показатели (значения целевой функции центра, дополнительного набора и др.) со значениями, соответствующими другой схеме экономической мотивации агентов, а именно, предположим, что центр использует *централизованную схему* – «забирает» себе весь доход от деятельности агентов, а затем компенсирует им затраты от выбираемых ими действий  $y_i$  в случае выполнения плановых заданий  $x_i$  ( $y_i = x_i$  – компенсаторная система стимулирования).

В этом случае целевая функция центра равна:

$$\Phi(x) = \lambda \sum_{i \in N} x_i - \sum_{i \in N} c_i(x_i).$$

Решая задачу  $\Phi(x) \rightarrow \max_{\{x_i \geq 0\}}$ , центр находит оптимальные значения планов:

$$x_i = r_i \xi(\lambda), i \in N.$$

Оптимальное значение целевой функции центра при функциях затрат агентов типа Кобба-Дугласа равно:

$$\Phi_x = \lambda^{\alpha/(\alpha-1)} H (1 - 1 / \alpha),$$

а дополнительный набор (сумма действий агентов) равен

$$Y_x = H \xi(\lambda) = H \lambda^{1/(\alpha-1)}.$$

Выигрыш  $i$ -го агента тождественно равен нулю, так как центр в точности компенсирует его затраты, а сумма целевых функций всех участников системы  $W_x$  (центра и всех агентов) равна  $\Phi_x$ .

Сравним полученные значения:

$$- \Phi_x / \Phi_\gamma = \alpha^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq 1 \text{ и убывает с ростом } \alpha;$$

$$- Y_x / Y_\gamma = \alpha^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq 1 \text{ и убывает с ростом } \alpha;$$

$$- W_x / W_\gamma = \alpha^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} / (\alpha + 1) \geq 1 \text{ и убывает с ростом } \alpha.$$

Таким образом, мы доказали справедливость следующего утверждения.

Утверждение 5. Централизованный механизм экономической мотивации образовательных учреждений с точки зрения образовательного комплекса в целом выгоднее, чем механизм отчислений, так как обеспечивает больший дополнительный набор и большее значение суммарной полезности всех элементов системы.

Фраза «с точки зрения образовательного комплекса в целом» в утверждении 6 существенна, так как при использовании централизованного механизма прибыль (значение целевой функции) агентов равна нулю – весь ресурс изымает «метасистема». Такая схема взаимодействия ОУ с ОК может не устраивать ОУ, поэтому рассмотрим обобщение централизованной схемы, а именно *механизм с нормативом рентабельности* [88], при котором вознаграждение агента центром не только компенсирует его затраты в случае выполнения плана, но и оставляет в его распоряжении полезность, пропорциональную затратам. Коэффициент этой пропорциональности называется *нормативом рентабельности*. Рассмотренной выше централизованной схеме соответствует нулевое значение норматива рентабельности. Исследуем формальную модель.

Механизм с нормативом рентабельности. В случае использования норматива рентабельности  $\rho \geq 0$  целевая функция центра равна:

$$\Phi_\rho(x) = \lambda \sum_{i \in N} x_i - (1 + \rho) \sum_{i \in N} c_i(x_i).$$

Решая задачу

$$\Phi(x) \rightarrow \max_{\{x_i \geq 0\}}$$

центр находит оптимальные значения планов<sup>1</sup>:

$$x_{ip} = r_i \xi(\lambda / (I + \rho)), i \in N.$$

Оптимальное значение целевой функции центра при функциях затрат агентов типа Кобба-Дугласа равно:

$$\Phi_p = \lambda (\lambda / (I + \rho))^{1/(\alpha-1)} H (I - I / \alpha),$$

а дополнительный набор (сумма действий агентов) равен

$$Y_p = H \xi(\lambda / (I + \rho)) = H (\lambda / (I + \rho))^{1/(\alpha-1)}.$$

Выигрыш  $i$ -го агента равен

$$f_{ip} = \rho r_i (\lambda / (I + \rho))^{\alpha/(\alpha-1)} / \alpha,$$

а сумма целевых функций всех участников системы  $W_p$  (центра и всех агентов) равна

$$W_p = \lambda H (\lambda / (I + \rho))^{1/(\alpha-1)} (\alpha - I / (I + \rho)) / \alpha.$$

Сравним полученные значения (отметим, что при  $\rho = 0$  все выражения для механизма с нормативом рентабельности переходят в соответствующие выражения для централизованного механизма):

$$- \Phi_x / \Phi_p = (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq I \text{ и возрастает с ростом } \rho,$$

$$- Y_x / Y_p = (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq I \text{ и возрастает с ростом } \rho,$$

$$- W_x / W_p = \frac{(1 - \frac{1}{\alpha})(1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}}}{1 - \frac{1}{(1 + \rho)\alpha}} \geq I \text{ и возрастает с ростом } \rho.$$

Интересно, что максимум суммы целевых функций участников ОК (центра и агентов) достигается при нулевом нормативе рентабельности, то есть в условиях полной централизации!

Сравним теперь механизм с нормативом рентабельности с механизмом отчислений:

$$- \Phi_y / \Phi_p = \left(\frac{1 + \rho}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \text{ и возрастает с ростом } \rho,$$

---

<sup>1</sup> Оптимальное с точки зрения центра значение норматива рентабельности, очевидно, равно нулю.

$$- Y_\gamma / Y_\rho = \left( \frac{1 + \rho}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \text{ и возрастает с ростом } \rho,$$

$$- W_\gamma / W_\rho = \frac{(\alpha^2 - 1)}{\alpha^2 - \frac{\alpha}{1 + \rho}} \left( \frac{1 + \rho}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \text{ и возрастает с ростом } \rho.$$

Утверждение 6. Если агенты имеют функции затрат типа Кобба-Дугласа, то механизм с нормативом рентабельности  $\rho = \alpha - 1$  эквивалентен механизму отчислений.

Справедливость утверждения 6 следует из того, что при  $\rho = \alpha - 1$  все (!) показатели механизма с нормативом рентабельности совпадают с соответствующими показателями механизма отчислений, то есть выполняется  $y_i(\gamma) = x_{i\rho}$ ,  $i \in N$ ,  $\Phi_\gamma = \Phi_\rho$ ,  $Y_\gamma = Y_\rho$ ,  $f_{i\gamma} = f_{i\rho}$ ,  $i \in N$ ,  $W_\gamma = W_\rho$ .

Теперь рассмотрим четвертый механизм экономической мотивации – механизм налога на прибыль.

Механизм налога на прибыль. Если в качестве прибыли агента интерпретировать его целевую функцию – разность между доходом и затратами, то при ставке налога  $\beta \in [0; 1]$  на эту прибыль целевая функция  $i$ -го агента примет вид:

$$f_{i\beta}(y_i) = (1 - \beta) [\lambda y_i - c_i(y_i)], \quad i \in N,$$

а целевая функция центра:

$$\Phi_\beta(y) = \beta \left[ \sum_{i \in N} y_i - \sum_{i \in N} c_i(y_i) \right].$$

Действия, выбираемые агентами при использовании налога с прибыли, совпадают с действиями, выбираемыми ими при централизованной схеме, следовательно:

$$y_{i\beta} = r_i \xi(\lambda), \quad i \in N.$$

Оптимальное значение целевой функции центра при функциях затрат агентов типа Кобба-Дугласа равно<sup>1</sup>:

$$\Phi_\beta = \beta \lambda^{\alpha / (\alpha - 1)} H (1 - 1 / \alpha),$$

а дополнительный набор (сумма действий агентов) равен

$$Y_\beta = H \xi(\lambda) = H \lambda^{1 / (\alpha - 1)}.$$

<sup>1</sup> Очевидно, что оптимальное с точки зрения центра значение ставки налога на прибыль  $\beta$  равно единице. При этом механизм с налогом на прибыль превращается в централизованный механизм.

Выигрыш  $i$ -го агента равен:

$$f_{i\beta} = (1 - \beta) \lambda^{\alpha/(\alpha-1)} r_i (1 - 1/\alpha),$$

а сумма целевых функций всех участников системы (центра и всех агентов) равна:

$$W_\beta = \lambda^{\alpha/(\alpha-1)} H (1 - 1/\alpha).$$

Сравним полученные значения:

- $\Phi_x / \Phi_\beta = 1 / \beta \geq 1$  и возрастает с ростом  $\beta$ ;
- $Y_x / Y_\beta = 1$ ;
- $W_x / W_\beta = 1$ .

Таким образом, механизм налога на прибыль приводит к той же сумме полезностей и к тому же значению суммарного набора, что и централизованный механизм, но в первом случае полезность центра в  $\beta$  раз ниже, чем во втором. Поэтому механизм налога на прибыль может интерпретироваться как механизм компромисса [88, 115], в котором *точка компромисса* внутри области *компромисса* определяется ставкой налога на прибыль, задающей пропорцию, в которой делится прибыль системы в целом между центром и агентами.

Сравним теперь механизм налога на прибыль с механизмом с нормативом рентабельности:

- $\Phi_\beta / \Phi_\rho = \beta (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}}$ ;
- $Y_\beta / Y_\rho = (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}} \geq 1$ ;
- $W_\beta / W_\rho = \frac{(1 - \frac{1}{\alpha})(1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}}}{1 - \frac{1}{(1 + \rho)\alpha}} \geq 1$ .

И, наконец, сравним механизм налога на прибыль с механизмом отчислений (механизмом налога с дохода):

- $\Phi_\beta / \Phi_\gamma = \beta \alpha^{\frac{1}{\alpha-1}}$ ;
- $Y_\beta / Y_\gamma = \alpha^{\frac{1}{\alpha-1}}$ ;
- $W_\beta / W_\gamma = \alpha^{\frac{\alpha}{\alpha-1}} / (\alpha + 1)$ .

К сожалению, для механизма налога на прибыль не удастся доказать столь общее утверждение, как утверждение 6 для механизма с нормативом рентабельности: а именно, механизмы эквивалентны с точки зрения различных участников при различных соотношениях параметров, которые даются следующим утверждением.

Утверждение 7. Если агенты имеют функции затрат типа Кобба-Дугласа, то механизм налога на прибыль:

- при  $\beta = 1 / \alpha^{\alpha-1}$  с точки зрения центра эквивалентен оптимальному механизму отчислений;

- при  $\beta = 1 - 1 / \alpha^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$  с точки зрения агентов эквивалентен оптимальному механизму отчислений;

- при  $\beta = 1 / (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}}$  с точки зрения центра эквивалентен механизму с нормативом рентабельности;

- при  $\beta = 1 - \rho / (\alpha - 1) (1 + \rho)^{\frac{\alpha}{\alpha-1}}$  с точки зрения агентов эквивалентен механизму с нормативом рентабельности.

Таким образом, мы рассмотрели четыре механизма экономической мотивации ОУ. С точки зрения суммы полезностей всех участников системы и суммарного набора максимальной эффективностью обладают централизованный механизм и механизм налога на прибыль (с любой ставкой). Использование механизма отчислений или механизма с нормативом рентабельности приводит к меньшей эффективности.

При использовании механизма отчислений, механизма с нормативом рентабельности или механизма налога на прибыль в зависимости от параметров (соответственно – норматива отчислений, норматива рентабельности и ставки налога на прибыль) полезности центра и агентов перераспределяются по-разному по сравнению с централизованным механизмом (см. приведенные выше оценки).

Совместное использование утверждений 6 и 7 позволяет в каждом конкретном случае получать оценки параметров, при которых различные механизмы эквивалентны. Так, например, при

квадратичных функциях затрат ( $\alpha = 2$ ) оптимально следующее значение норматива отчислений (ставки налога с дохода):  $\gamma^* = 0.5$ . При  $\rho^* = 1$  механизм с нормативом рентабельности полностью эквивалентен механизму отчислений, а при  $\beta^* = 0.5$  механизм налога на прибыль эквивалентен им обоим с точки зрения центра, а при  $\beta^* = 0.75$  – с точки зрения агентов.

На рисунке 20 представлено параметрическое пространство трех механизмов экономической мотивации: механизма отчислений (параметр  $\gamma$ ), механизма с нормативом рентабельности (параметр  $\rho$ ) и механизма налога на прибыль (параметр  $\beta$ ), а также выделена точка, соответствующая централизованному механизму и приведены эскизы кривых – множеств значений параметров, при которых механизмы эквивалентны с точки зрения центра:

$$\beta(\rho) = 1 / (1 + \rho)^{\frac{1}{\alpha-1}},$$

$$\beta(\gamma) = \alpha \gamma (1 - \gamma)^{1/(\alpha-1)} / (\alpha - 1),$$

$$\rho(\gamma) = \left( \frac{\alpha - 1}{\alpha \gamma} \right)^{\alpha-1} / (1 - \gamma) - 1.$$

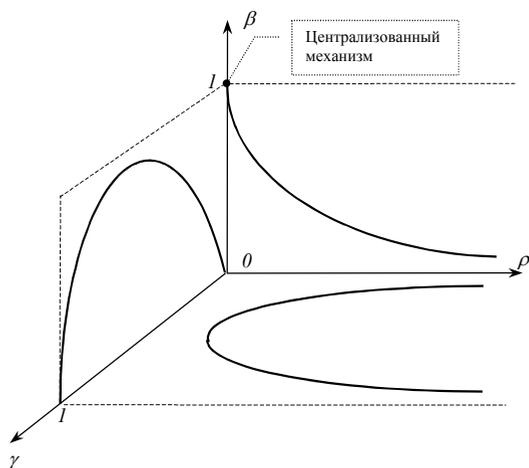


Рис. 20. Параметрическое пространство механизмов мотивации

**Механизмы стимулирования сотрудников.** В большинстве рассматриваемых в работах по управлению социально-экономическими системами моделей вознаграждение агентов зависит от абсолютных значений их действий и/или результата деятельности. Например, в образовательных системах распространены пропорциональные системы стимулирования, в которых вознаграждение агента пропорционально его действию, которым, как правило, является нагрузка – так называемые «часы». В то же время, на практике достаточно распространены *ранговые системы стимулирования* (РСС), в которых величина вознаграждения агента определяется либо принадлежностью показателя его деятельности некоторому наперед заданному множеству – так называемые *нормативные РСС*, либо местом, занимаемым агентом в упорядочении показателей деятельности всех агентов – так называемые *соревновательные РСС*. Преимуществом ранговых систем стимулирования является в основном то, что при их использовании центру иногда не обязательно знать достоверно значения всех действий, выбранных агентами, а достаточна информация о диапазонах, которым они принадлежат, или об упорядочении действий.

Подробный обзор результатов отечественных и зарубежных авторов по исследованию РСС приведен в [120]. Приведем описание модели, следуя [35]. Нормативные РСС (НРСС) характеризуются наличием процедур присвоения рангов агентам в зависимости от показателей их деятельности (выбираемых действий и т.д.). Введем следующие предположения, которые будем считать выполненными на протяжении настоящего раздела.

**A.1.** Множества возможных действий агентов одинаковы:

$$A_i = A = \mathfrak{R}_+^1, i \in N.$$

**A.2.** Функции затрат агентов монотонны.

**A.3.** Затраты от выбора нулевого действия равны нулю.

Пусть  $\mathfrak{T} = \{1, 2, \dots, m\}$  – множество возможных рангов, где  $m$  – размерность НРСС,  $\{q_j\}, j = \overline{1, m}$  – совокупность  $m$  неотрицательных чисел, соответствующих вознаграждениям за "попадание" в различные ранги;  $\delta_i: A_i \rightarrow \mathfrak{T}, i = \overline{1, n}$  – процедуры классификации. НРСС называется кортеж  $\{m, \mathfrak{T}, \{\delta_i\}, \{q_j\}\}$ .

Введем вектор  $Y = (Y_1, Y_2, \dots, Y_m)$ , такой, что  $0 \leq Y_1 \leq Y_2 \leq \dots \leq Y_m < +\infty$ , который определяет некоторое разбиение множества  $A$ . Универсальная НРСС (УНРСС – при использовании которой агенты, выбравшие одинаковые действия, получают одинаковые вознаграждения) задается кортежем  $\{m, \{Y_j\}, \{q_j\}\}$ , причем вознаграждение  $i$ -го агента  $\sigma_i$  определяется следующим образом:  $\sigma_i(y_i) = \sum_{j=0}^m q_j I(y_i \in [Y_j, Y_{j+1}))$ , где  $I(\cdot)$  – функция-индикатор,

$Y_0 = 0, q_0 = 0$ . Универсальная НРСС называется *прогрессивной*, если  $q_0 \leq q_1 \leq q_2 \leq \dots \leq q_m$  [152].

Так как УНРСС кусочно-постоянна, то в силу монотонности функций затрат очевидно, что агенты будут выбирать действия с минимальными затратами на соответствующих отрезках. Иначе говоря, условно можно считать, что при фиксированной системе стимулирования множество допустимых действий равно  $Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_m\}$ , причем, так как  $c_i(0) = 0$ , то  $q_0 = 0$ . Действие  $y_i^*$ , выбираемое  $i$ -ым АЭ, определяется парой векторов  $(Y, q)$ , то есть имеет место  $y_i^*(Y, q) = Y_{k_i}$ , где

$$(1) k_i = \arg \max_{k=0, m} \{q_k - c_i(Y_k)\}, i \in N.$$

Обозначим  $y^*(Y, q) = (y_1^*(Y, q), y_2^*(Y, q), \dots, y_n^*(Y, q))$ . Задача синтеза оптимальной УНРСС заключается в выборе размерности УНРСС  $m$  и векторов  $q$  и  $Y$ , удовлетворяющих заданным ограничениям, которые максимизировали бы целевую функцию центра:

$$(2) \Phi(y^*(Y, q)) \rightarrow \max_{Y, q}.$$

Фиксируем некоторый вектор действий  $y^* \in A'$ , который мы хотели бы реализовать с помощью УНРСС. Известно, что минимально возможные (среди всех систем стимулирования) затраты на стимулирование по реализации этого вектора соответствуют использованию квазикомпенсаторной системы стимулирования (системы стимулирования QK-типа) и равны следующей величине [115]:

$$(3) \mathcal{G}_{QK}(y^*) = \sum_{i=1}^n c_i(y_i^*).$$

Из того, что при использовании УНРСС агенты выбирают действия только из множества  $Y$ , следует, что минимальная размерность системы стимулирования должна быть равна числу попарно различных компонент вектора действий, который требуется реализовать. Следовательно, использование УНРСС размерности, большей, чем  $n$ , нецелесообразно. Поэтому ограничимся системами стимулирования, размерность которых в точности равна числу агентов, то есть, положим  $m = n$ .

Для фиксированного  $y^* \in A'$  положим  $Y_i = y_i^*$ ,  $i \in N$ , и обозначим  $c_{ij} = c_i(Y_j)$ ,  $i, j \in N$ . Из определения реализуемого действия (см. (1)) следует, что для того, чтобы УНРСС реализовывала вектор  $y^* \in A'$  (то есть побуждала агентов выбирать соответствующие действия) необходимо и достаточно выполнения следующей системы неравенств:

$$(4) \quad q_i - c_{ii} \geq q_j - c_{ij}, \quad i \in N, j = \overline{0, n}.$$

Запишем (4) в виде

$$(5) \quad q_j - q_i \leq \alpha_{ij}, \quad i \in N, j = \overline{0, n},$$

где  $\alpha_{ij} = c_{ij} - c_{ii}$ . Обозначим суммарные затраты на стимулирование по реализации действия  $y^*$  УНРСС

$$(6) \quad \mathcal{Q}_{УНРСС}(y^*) = \sum_{i=1}^n q_i(y^*),$$

где  $q(y^*)$  удовлетворяет (4).

Задача синтеза оптимальной (минимальной) УНРСС заключается в минимизации (6) при условии (5).

Из того, что  $q_i \geq c_{ii}$ ,  $i \in N$ , следует, что минимальные затраты на стимулирование по реализации любого вектора действий агентов при использовании УНРСС не ниже, чем при использовании оптимальных (квазикомпенсаторных) систем стимулирования (3).

Введем в рассмотрение  $n$ -вершинный граф  $G_\alpha(y^*)$ , веса дуг в котором определяются  $\|\alpha_{ij}(y^*)\|$ . Задача минимизации (6) при условии (5) является задачей о минимальных неотрицательных потенциалах вершин графа  $G_\alpha$ , для существования решения которой необходимо и достаточно отсутствия контуров отрицательной длины [19, 28].

Рассмотрим следующую задачу о назначении:

$$(7) \sum_{i,j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min_{\{x_{ij}\}}$$

$$(8) x_{ij} \in \{0; 1\}, i, j, \in N; \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, j \in N; \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, i \in N.$$

Лемма 3 [120]. Для того чтобы  $x_{ii} = 1, i \in N, x_{ij} = 0, j \neq i$ , необходимо и достаточно, чтобы граф  $G_{\alpha}(y^*)$  не имел контуров отрицательной длины.

Из леммы 4 следует, что назначение

$$(9) y_{i_1}^* = y_1^*, y_{i_2}^* = y_2^*, \dots, y_{i_n}^* = y_n^*$$

минимизирует (7).

Следствием леммы 3 является следующее утверждение, характеризующее множество всех действий, реализуемых универсальными нормативными ранговыми системами стимулирования [120]: для того чтобы вектор  $y^* \in A'$  был реализуем в классе УНРСС, необходимо и достаточно, чтобы он являлся решением задачи о назначении (7)-(8).

Приведенные выше результаты характеризуют множество действий, реализуемых УНРСС. Исследуем теперь эффективность этого класса систем стимулирования.

Рассмотрим задачу (7)-(8). Перенумеруем агентов таким образом, чтобы оптимальным было диагональное назначение  $\forall j \in N i_j = j (x_{ii} = 1)$ . Поставим в соответствие ограничению (7) двойственную переменную  $u_j, j \in N$ , а ограничению (8) – двойственную переменную  $v_i, i \in N$ . Ограничения двойственной к (7)-(8) задачи имеют вид:

$$(10) u_j - v_i \leq \alpha_{ij}, i, j \in N.$$

Заметим, что, так как  $x_{ii} = 1, i \in N$ , то  $u_i - v_i = \alpha_{ii} = 0$ , а значит  $u_i - v_i = q_i$ . Используя этот факт, определим следующий алгоритм:

*Шаг 0.*  $u_j = c_{jj}, j \in N$ .

*Шаг 1.*  $v_i := \max_{j \in N} \{u_j - \alpha_{ij}\}, i \in N$ .

*Шаг 2.*  $u_j := \min_{i \in N} \{v_i + \alpha_{ij}\}, j \in N$ .

Последовательное повторение шагов 1 и 2 алгоритма конечное число (очевидно, не превышающее  $n$ ) раз даст оптимальное решение задачи (5)-(6):

$$(11) q_i = u_i = v_i, i \in N.$$

Приведенный выше алгоритм позволяет решать задачу поиска минимальных потенциалов графа  $G_\alpha$ , удовлетворяющих условию (5), то есть реализующих заданный вектор действий агентов. С одной стороны доказанный выше критерий реализуемости заданных действий и алгоритм синтеза оптимальной УНРСС применимы в широком классе организационных систем, так как при их доказательстве не вводилось практически никаких предположений о свойствах элементов системы. С другой стороны, для ряда более узких классов систем, рассматриваемых ниже, существуют более простые алгоритмы синтеза оптимальных УНРСС.

Обозначим

$$(12) c'_i(y_i) = \frac{dc_i(y_i)}{dy_i}, i \in N.$$

и введем следующее предположение:

**A.4.** Существует упорядочение агентов, такое, что

$$(13) \forall y \in A \quad c'_1(y) \geq c'_2(y) \geq \dots \geq c'_n(y).$$

Фиксируем некоторый вектор  $y^* \in A'$ , удовлетворяющий следующему условию:

$$(14) y_1^* \leq y_2^* \leq \dots \leq y_n^*.$$

Предположениям A.2-A.4 удовлетворяют, например, такие распространенные в экономико-математическом моделировании функции затрат агентов, как:  $c_i(y_i) = k_i c(y_i)$ ,  $c_i(y_i) = k_i c(y_i/k_i)$ , где  $c(\cdot)$  – монотонная дифференцируемая функция, а коэффициенты (отражающие эффективность деятельности агентов) упорядочены:  $k_1 \geq k_2 \geq \dots \geq k_n$  (частными случаями являются линейные функции затрат, функции затрат типа Кобба-Дугласа и др.).

Лемма 4 [120]. Если выполнены предположения A.1, A.2 и A.4, то в задаче (7)-(8) оптимально диагональное назначение. Кроме того, если выполнены предположения A.1, A.2 и A.4, то УНРСС реализуемы такие и только такие действия, которые удовлетворяют (14).

В организационных системах, удовлетворяющих предположениям А.1-А.4 (включая А.3!), для определения оптимальных потенциалов может быть использована следующая рекуррентная процедура, являющаяся частным случаем (соответствующим А.3-А.4) общего приведенного выше алгоритма:

$$q_1 = c_{11}, \quad q_i = c_{ii} + \max_{j < i} \{q_j - c_{ij}\}, \quad i = \overline{2, n}.$$

Лемма 5 [120]. Если выполнены предположения А.1-А.4, то имеет место:  $\forall i = \overline{2, n} \quad \max_{j < i} \{q_j - c_{ij}\} = q_{i-1} - c_{i,i-1}$ .

Следствием леммы 5 является следующее простое выражение для индивидуальных вознаграждений в УНРСС, реализующей вектор  $y^* \in A'$  в организационной системе, удовлетворяющей А.3-А.4:

$$(15) \quad q_i = \sum_{j=1}^i (c_j(y_j^*) - c_j(y_{j-1}^*)), \quad i = \overline{2, n}.$$

Построим теперь, опираясь на приведенные выше результаты, модель стимулирования преподавателей – сотрудников ОУ, входящего в ОК. Предположим, что имеются  $m$  групп преподавателей численностью  $n_j, j = \overline{1, m}$ , различающихся затратами:

$$\forall y \in A \quad c_1'(y) \geq c_2'(y) \geq c_m'(y),$$

где переменная  $y$  может интерпретироваться как почасовая нагрузка. Например, пусть  $c_i(y_i) = k_i c(y_i / k_i), i = \overline{1, m}$ , где  $c(\cdot)$  – гладкая, монотонная, выпуклая функция, равная нулю в нуле, а

$$k_m \geq \dots \geq k_2 \geq k_1.$$

Обозначим  $\xi(\cdot) = c^{-1}(\cdot)$ , тогда при использовании пропорциональных (почасовых со ставками оплаты  $\lambda_i$ ) систем стимулирования агенты (максимизирующие разность между стимулированием  $\lambda_i y_i$  и своими затратами выбором действия  $y_i \geq 0$ ) выберут следующие действия:

$$(16) \quad y_i(\lambda_i) = k_i \xi(\lambda_i), \quad i = \overline{1, m}.$$

Если перед центром стоит задача распределения нагрузки  $R$ , то минимум его суммарных затрат на стимулирование определяется в результате решения следующей задачи выбора ставок оплаты:

$$(17) \sum_{i=1,m} \lambda_i k_i n_i \xi(\lambda_i) \rightarrow \min_{\{\lambda_i\}}$$

$$(18) \sum_{i=1,m} k_i n_i \xi(\lambda_i) = R.$$

Применяя метод множителей Лагранжа, убеждаемся, что оптимальным является использование унифицированного стимулирования, то есть

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_m = \lambda_0,$$

где

$$(19) \lambda_0 = \xi^{-1} \left( \frac{R}{\sum_{i=1,m} k_i n_i} \right).$$

Агенты выберут следующие действия:

$$(20) y_i(\lambda_0) = k_i R / \sum_{i=1,m} k_i n_i, \quad i = \overline{1, m},$$

а затраты центра на стимулирование при этом равны  $\lambda_0 R$ .

Суммарное превышение вознаграждением минимально необходимого (разность между пропорциональной оплатой и затратами агентов) равно следующей величине:

$$(21) \Delta_0 = R c' \left( \frac{R}{\sum_{i=1,m} k_i n_i} \right) - c \left( \frac{R}{\sum_{i=1,m} k_i n_i} \right) \sum_{i=1,m} k_i n_i \geq 0.$$

Рассмотрим теперь УНРСС (15), побуждающую агентов выбрать те же действия<sup>1</sup> (20).

При использовании УНРСС суммарное превышение вознаграждением минимально необходимого (разность между (15) и затратами агентов) равно следующей величине:

---

<sup>1</sup> Отметим, что ниже сравниваются «эффективности» пропорциональной и ранговой систем стимулирования, побуждающих агентов выбрать одни и те же действия, которые оптимальны с точки зрения пропорциональной оплаты. Корректней было бы для РСС сначала искать действия, сумма которых равнялась бы  $R$  и которые минимизировали бы сумму выражений (15) по всем агентам.

$$(22) \Delta = \sum_{i=1, m} n_i \left( \sum_{j=1}^i (c_j(y_j) - c_j(y_{j-1})) - c_i(y_i) \right) \geq 0.$$

Утверждение 8. Если  $\Delta \leq \Delta_0$ , то центру выгодно использование ранговой системы стимулирования (15) по сравнению с пропорциональной оплатой (19).

Применим утверждение 7 к случаю, когда имеются три преподавателя, характеризуемых квадратичными затратами, то есть  $c(y) = y^2 / 2$ . Тогда (15) примет вид:

$$(23) q_1 = c_1(y_1),$$

$$(24) q_2 = c_2(y_2) + [q_1 - c_2(y_1)] = c_2(y_2) + c_1(y_1) - c_2(y_1),$$

$$(25) q_3 = c_3(y_3) + [q_2 - c_3(y_2)] = c_3(y_3) + c_2(y_2) + c_1(y_1) - c_2(y_1) - c_3(y_2).$$

Вычисляем (22):

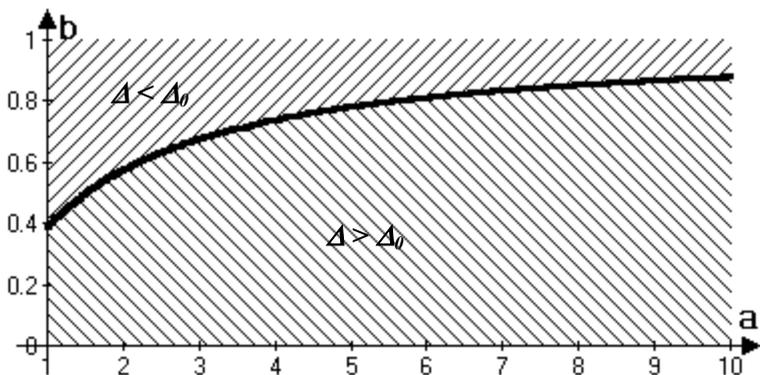
$$(26) \Delta = 2 c_1(y_1) - 2 c_2(y_1) + c_2(y_2) - c_3(y_2) \geq 0.$$

Обозначим  $H = k_1 + k_2 + k_3$ . Тогда  $\lambda_0 = R / H$ ,  $y_i = k_i R / H$ ,  $i = \overline{1, 3}$ ,  $\Delta_0 = R^2 / 2 H$ .

Вычисляем (26):

$$(27) \Delta = \Delta_0 \frac{2k_1 k_3 (k_2 - k_1) + (k_2)^2 (k_3 - k_2)}{k_2 k_3 (k_1 + k_2 + k_3)}.$$

Пусть  $k_1 = b k_2$ ,  $k_3 = a k_2$ , где  $a \geq 1$  и  $b \leq 1$  – параметры. Из (27) получаем области значений этих параметров, при которых оптимальны те или иные системы стимулирования. Если  $\Delta > \Delta_0$  (область под кривой на рисунке 21), то эффективность пропорциональной системы стимулирования выше ранговой, если  $\Delta_0 > \Delta$  (область над кривой на рисунке 21), то наоборот – эффективность пропорциональной системы стимулирования ниже ранговой.



*Рис. 21. Зависимость оптимальности пропорциональных и ранговых систем стимулирования от параметров агентов*

Таким образом, выбор системы оплаты труда следует производить в зависимости от параметров агентов, сравнивая соответствующие затраты на стимулирование.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В настоящей работе рассмотрена специфика образовательных сетей и образовательных комплексов как организационных систем, а также основные принципы и механизмы управления ими. Для этого введены универсальные (функциональные, структурные и потоковые) модели образовательной сети и образовательного комплекса (детализированы их состав, структура и функции), определены объекты управления и перечислены основные функции и механизмы управления. Обоснована возможность и целесообразность использования известных результатов по анализу и синтеза механизмов управления организационными системами.

Приведены оригинальные результаты разработки и исследования ряда теоретико-игровых и оптимизационных моделей и методов управления образовательными сетями и комплексами: решены задачи структурной оптимизации, потоковой оптимизации, распределения ресурсов и мотивационного управления.

Так как любая модель требует введения определенных предположений (и модели, рассмотренные во второй главе настоящей работы, не являются исключением из этого правила), то в качестве перспективных направлений дальнейших исследований следует выделить необходимость дальнейшей разработки формальных моделей управления образовательными сетями и комплексами, которые позволяли бы решать перечисленные в седьмом разделе первой главы задачи управления с учетом специфики соответствующих реальных образовательных систем.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 1. МЕХАНИЗМЫ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Одним из основных требований, предъявляемых к системе управления образовательным комплексом<sup>1</sup> (ОК), является требование создания и использования эффективных *механизмов принятия управленческих решений*. Под механизмом понимается совокупность правил, процедур и методик принятия решений<sup>2</sup>. Наличие таких механизмов, одинаково применяемых для всех элементов ОК, позволяет реализовывать цели развития ОК.

Перечислим, следуя [109], основные (укрупненные) **задачи**, решаемые при оптимизации и управлении ОК (отметим, что для решения третьей задачи могут частично требоваться качественные или параметрические результаты решения четвертой, пятой и шестой задач):

1. Мониторинг и прогноз развития.
2. Формулировка целей развития и планирование.
3. Генерация, оценка и выбор вариантов развития.
4. Формирование состава системы.
5. Распределение ресурсов.
6. Мотивация участников системы.
7. Контроль и оперативное управление.

В таблице П.1 приведены задачи и перечислены основные группы соответствующих механизмов управления (краткое описание механизмов дано ниже). Если на пересечении строки, соответствующей задаче, и столбца, соответствующего механизму, стоит знак «+», то это означает, что данный механизм может (или даже

---

<sup>1</sup> Изложение материала настоящего приложения ведется в терминах образовательных комплексов, однако, все результаты в равной степени применимы и для образовательных сетей.

<sup>2</sup> Одной из основных причин неудачной реализации многих прогрессивных предложений и начинаний (начиная с федеральных законов и заканчивая распоряжениями руководства конкретной организации) является отсутствие именно соответствующих механизмов управления – если в законе, распоряжении и т.д. формулируются цели и в лучшем случае говорится «что следует делать», то наличие механизма управления позволяет ответить на вопрос «как достичь цели».

должен) использоваться при решении данной задачи, если стоит знак «●» – возможно использовать, если стоит знак «←» – практически не используется.

Таблица П.1

Задачи и механизмы управления РОС

<b>Механизмы</b>	<i>Комплексного оценивания</i>	<i>Экспертизы</i>	<i>Тендеры</i>	<i>Распределения ресурса</i>	<i>Финансирования</i>	<i>Стимулирования</i>	<i>Оперативного управления</i>
<b>Задачи</b>							
Мониторинг и прогноз развития	+	+	-	-	-	-	-
Формулировка целей развития и планирование	+	+	-	-	●	-	-
Генерация, оценка и выбор вариантов развития	+	+	●	●	●	●	-
Формирование состава системы	●	●	+	+	●	+	-
Распределение ресурсов	●	●	+	+	+	●	●
Мотивация участников системы	-	-	●	●	+	+	●
Контроль и оперативное управление	-	-	●	+	+	+	+

Подробно исследованные в теории управления практически значимые детализации общих формальных задач управления социально-экономическими системами получили условное название

*базовых механизмов управления.* Они являются элементами «конструктора», используя которые можно синтезировать механизмы управления теми или иными классами реальных (в том числе – образовательных) систем.

Приведем, следуя, в основном [109], краткое описание механизмов управления и их свойств (более подробное описание и ссылки на результаты теоретического исследования их формальных моделей и практического использования приведены выше).

## **II.1. МЕХАНИЗМЫ КОМПЛЕКСНОГО ОЦЕНИВАНИЯ**

Для выработки эффективных управляющих воздействий, начиная с этапа целеполагания и заканчивая этапом оперативного управления, управляющему органу необходимо обладать достаточной информацией о поведении управляемых субъектов, в частности – относительно результатов их деятельности. В сложных (многоэлементных, многоуровневых, деятельность которых описывается многими критериями) системах в силу ограниченности возможностей управляющего органа по переработке информации или в силу отсутствия детальной информации целесообразно использование *механизмов комплексного оценивания*, которые позволяют осуществлять свертку показателей, то есть агрегировать информацию о результатах деятельности отдельных элементов системы. Рассмотрим этот класс механизмов (подробность описания в сравнении с другими механизмами обусловлена широкой его распространенностью на практике).

Большие системы, включающие значительное число элементов, имеют, как правило, сложную иерархическую структуру. Результат деятельности ОК в целом сложным образом зависит от действий всех его элементов. Одна из основных задач, стоящих перед руководством, заключается в распределении материальных и финансовых средств между элементами – участниками системы – с целью обеспечения успешного ее функционирования (при этом подразумевается, что состав участников системы выбран и фиксирован, а также определены технологические и временные правила их взаимодействия). Что понимать под успешным функционированием системы, по каким критериям ее оценивать?

Для успешного функционирования системы в целом, как правило, необходимо решить ряд задач (обеспечить успешное функционирование подсистем более низкого уровня). Решение этих задач требует решения еще более частных задач и т.д. Последовательно детализируя структуру задач системы, получим дерево, которое называют *деревом целей*. Корневой его вершиной будет агрегированный показатель качества функционирования ОК в целом, висячими вершинами – показатели деятельности отдельных образовательных учреждений (ОУ), структурных подразделений и т.д. Степень достижения каждой из целей (вершины построенного дерева) будем оценивать в некоторой дискретной шкале.

Рассмотрим элементарный качественный пример, последовательная детализация которого в ходе изложения материала настоящего раздела позволит иллюстрировать модель. Пусть проект заключается в развитии ОК. В качестве комплексного показателя выберем «уровень развития ОК», который определяется «качеством образования» и «экономическим состоянием элементов ОК». Предположим, что качество образования определяется критериями «качеством общего образования» и «качеством специального образования». Соответствующее данному примеру<sup>1</sup> дерево изображено на рисунке П.1.



Рис. П.1. Дерево целей образовательного комплекса

<sup>1</sup> Отметим, что все используемые в данном примере численные значения выбраны достаточно произвольно и сам пример носит чисто модельный характер, не претендуя на полное описание какого-либо реального ОК.

Таким образом, мы описали функционирование ОК в виде дерева целей, степень достижения которых оценивается в некоторой дискретной шкале (см. ниже). Для определения оценки на некотором уровне, необходимо знать правила ее получения из оценок более низкого уровня; оценки самого нижнего уровня определяются экспертно или в соответствии с некоторой заранее установленной процедурой «перевода» имеющейся количественной или качественной информации в дискретную шкалу. Таким образом, первая задача – определение правила агрегирования оценок.

Для достижения определенных значений оценок элементами системы ее руководство должно выделить им соответствующие финансовые и другие ресурсы. Следовательно, возникает задача – определить, как затраты на реорганизацию ОК в целом зависят от затрат элементов ОК в смысле соответствующих оценок.

**Система комплексного оценивания.** Введем для каждого из критериев (для каждой из вершин дерева целей) дискретную шкалу. Каждому из значений этой порядковой шкалы поставим в соответствие числа 1, 2, ... . Емкость шкалы ничем не ограничена и число различных оценок-градаций может выбираться, во-первых, с учетом специфики ОК и показателя, а, во-вторых, с учетом того, что с ростом емкости шкалы растет вычислительная сложность оптимизационных задач. Для выбранного нами примера возьмем шкалу, состоящую из четырех возможных значений оценок – плохо (1), удовлетворительно (2), хорошо (3) и отлично (4).

Теперь определим процедуру агрегирования оценок. Пусть оценка по некоторому обобщенному (агрегированному) критерию зависит от оценок по двум (агрегируемым) критериям нижнего уровня. Введем матрицу  $A = \|a(i, j)\|$ , где  $a(i, j)$  – оценка по агрегированному критерию при оценках  $i$  и  $j$  по агрегируемым критериям. Размерность матрицы и число ее попарно различных элементов определяются соответствующими шкалами. Если для рассматриваемого примера взять матрицы свертки, приведенные на рисунке П.2, то, например, при получении оценки "хорошо" (3) по критерию К1 – "качество общего образования" и оценки "удовлетворительно" (2) по критерию К2 – "качество специального образования" мы получаем агрегированную оценку "удовлетворительно" по критерию К4 – "качество образования". Если по критерию К3 – "экономическое состояние элементов ОК" была достигнута оценка

"отлично", то итоговая оценка по критерию К – "уровень развития ОК" будет – «хорошо» (3).

	4  3 3 3 4	
Качество общего	3  2 2 3 4	
образования (K1)	2  2 2 3 3	→ Качество образования (K4)
	1  1 1 2 2	
	1 2 3 4	
	Качество специального образования (K2)	

	4  2 3 4 4	
Экономическое	3  2 3 3 3	
состояние элементов	2  1 2 2 3	→ Уровень развития ОК (K)
ОК (K3)	1  1 1 2 2	
	1 2 3 4	
	Качество образования (K4)	

*Рис. П.2. Матрицы свертки*

Возникает естественный вопрос – кто должен выбирать структуру дерева целей, шкалы оценок и формировать матрицы свертки? Предполагается, что указанные параметры выбираются лицами, принимающими решения (ЛПР – руководитель или руководители соответствующего элемента ОК или органа управления образованием) и/или коллективом экспертов. С одной стороны, система матриц может быть легко модифицирована с учетом изменения приоритетов, а, с другой стороны, приходится признать, что такая процедура принципиально не может быть избавлена от субъективизма.

При формировании системы матриц свертки предлагается следовать правилу монотонности: агрегированная оценка, получаемая при увеличении хотя бы одной агрегируемой оценки, должна быть не меньше первоначальной. То есть при движении из левого нижнего угла матрицы вправо или вверх оценки не должны убывать.

Мы описали использование двумерных матриц (бинарных свертки), определяющих процедуру агрегирования оценок двух критериев в одну. Понятно, что, введя трехмерные матрицы или

матрицы любой другой конечной размерности, также можно агрегировать любое конечное число оценок, и все излагаемые методы справедливы и для этих случаев. Тем не менее использование именно бинарных сверток позволяет наиболее наглядно отразить структуру предпочтений и приоритетов ЛПР. Так как между двумерным и многомерным случаем нет принципиальных различий, то для простоты будем рассматривать именно двумерный случай.

**Анализ затрат.** Следующим этапом будет формирование *дерева оценок*. Имея дерево целей и набор логических матриц, для каждой из возможных итоговых оценок определим приводящие к ним наборы оценок для элементов нижнего уровня. Для этого, спускаясь по дереву целей сверху вниз, определяем на каждом уровне, какими комбинациями оценок нижнего уровня может быть получена данная оценка. Для рассматриваемого примера значение  $K = 4$  может быть получено следующими комбинациями оценок по критериям  $(K_1, K_2, K_3)$ :  $(4;4;4)$ ;  $(3;4;4)$ ;  $(4;1;4)$ ;  $(4;2;4)$ ;  $(4;3;4)$ ;  $(3;3;4)$ ;  $(2;3;4)$ ;  $(2;4;4)$ . Такие же деревья строятся и для всех других значений оценок по агрегированному критерию  $K$  (итоговых оценок).

Набор оценок нижнего уровня, приводящих к достижению требуемой итоговой комплексной оценки, называют *вариантом развития* или просто вариантом.

Понятно, что, имея деревья оценок и затраты на достижение каждой из оценок нижнего уровня, можно решить задачу минимизации затрат на реализацию той или иной итоговой оценки. Для этого, начиная с самого нижнего уровня дерева оценок, считая заданными затраты на достижение этой фиксированной оценки, двигаясь вверх, определяем вариант минимальной стоимости. Затраты на получение каждой агрегированной оценки считаются как сумма затрат на достижение агрегируемых оценок. Затраты в точке ветвления (когда есть несколько альтернатив) определяются как минимум среди затрат альтернатив, дающих требуемое значение оценки. Вариант минимальной стоимости определяется методом обратного хода (сверху вниз).

Итак, мы описали, как построить систему комплексного оценивания, дерево оценок и определить затраты варианта. Теперь необходимо связать между собой эти величины и исследовать характер их взаимозависимости для того, чтобы получить возмож-

ность проводить выбор наилучшего с той или иной точки зрения варианта. Так как мы допустили, что элементы нижнего уровня оцениваемого ОК или его части независимы, то рассмотрим одного из них.

Так как каждый вариант оценивается по критериям качества и затрат, то понятие "оптимальный вариант" неоднозначно и в рамках предложенной модели возникает целый класс оптимизационных задач. Опишем алгоритм поиска допустимых значений качества и затрат.

1. Для каждого возможного изменения оценки элемента нижнего уровня дерева целей определим минимальные затраты (см. выше).

2. Если фонд финансирования ограничен, то среди полученных комбинаций оставляем те, для которых выполнено бюджетное ограничение.

3. Для каждой из допустимых комбинаций финансирования определяем значения суммарных затрат на финансирование и комплексной оценки. В результате получаем множество точек в пространстве «качество × затраты», то есть допустимую область. Каждой из таких точек соответствует допустимый вариант финансирования.

4. Внутри допустимого множества выбираем точку или множество точек, оптимальных с точки зрения, например, максимума оценки качества и т.д. (в зависимости от решаемой задачи).

В больших системах вычислительная сложность описанного алгоритма может быть достаточно велика, однако при этом мы охватываем все возможные варианты (то есть производится глобальная оптимизация). На практике целесообразно использовать модификации этого алгоритма, учитывающие специфику конкретной задачи. В качестве иллюстрации рассмотрим метод построения так называемых *напряженных вариантов*.

Напряженным назовем такой вариант развития, что недостижение оценки хотя бы по одному критерию приводит к недостижению требуемого значения комплексной оценки. Для оценки  $K = 4$  напряженным является вариант ( $K_3 = 4$ ;  $K_4 = 3$ ). Соответственно для получения значения оценки  $K_4 = 3$  напряженными являются варианты ( $K_1 = 4$ ;  $K_2 = 1$ ) и ( $K_1 = 2$ ;  $K_2 = 3$ ). Напряженные варианты обладают рядом достоинств. Во-первых, число возможных

комбинаций сразу резко ограничивается (для рассматриваемого примера необходимо анализировать уже два варианта, а не восемь). Во-вторых, так как при использовании напряженных вариантов в системе отсутствует "избыточность", в том смысле, что сбой в одном из элементов приводит к срыву всего их комплекса, есть веские основания считать, что напряженные варианты являются вариантами минимальной стоимости (и минимального риска – см. методы учета риска в моделях комплексного оценивания в [28, 29]). Использование напряженных вариантов особенно удобно для решения задачи минимизации величины финансирования, необходимого для достижения требуемого значения комплексной оценки.

## **П.2. МЕХАНИЗМЫ ЭКСПЕРТИЗЫ**

Исследованию формальных моделей получения и обработки экспертной информации посвящено значительное число работ (см., например, [21, 29, 108, 124]). Под *механизмом экспертизы* понимается следующая модель. Имеются несколько экспертов, каждый из которых имеет собственные представления об оцениваемой величине и сообщает организатору экспертизы или лицу, принимающему решение (ЛПР), информацию о своих представлениях. Итоговое мнение определяется в соответствии с некоторой заранее оговоренной процедурой планирования (например, вычисляется среднее арифметическое мнений экспертов).

Отметим, что при организации и проведении экспертиз, а также при сравнении результатов деятельности элементов ОК необходимо очень аккуратно выбирать процедуры обработки информации, то есть использовать операции преобразования показателей, которые согласованы с теми шкалами, в которых эти показатели измеряются. Так, например, абсурдной является операция вычисления "среднего балла" как среднего арифметического баллов, измеряемых в порядковой шкале, и т.д. [114].

Если предположить, что каждый из экспертов заинтересован в том, чтобы результат экспертизы – коллективное решение (итоговое мнение) – был максимально близок к его истинному мнению, то в общем случае он может сообщать недостоверную информа-

цию, стремясь повлиять на результат в желательную с его точки зрения сторону. Следовательно, возникает проблема манипулируемости механизма экспертизы, то есть проблема сознательного искажения информации экспертами.

В работах [21, 29, 108, 124] показано, что для любого механизма экспертизы существует эквивалентный (то есть приводящий к той же итоговой оценке) неманипулируемый механизм (то есть механизм, в котором экспертам выгодно сообщать достоверную информацию), причем итоговое мнение в равновесии определяется совокупностью истинных мнений экспертов, сообщение которых является их абсолютно оптимальной стратегией, и набором чисел, зависящих от механизма планирования (см. подробности в [29, 124]).

Подкласс механизмов экспертизы составляют *механизмы согласия* (которые также могут рассматриваться как разновидность механизмов распределения ресурса – см. ниже) [1]. Основная идея, используемая в механизмах согласия, заключается в том, чтобы эксперты сообщали не просто оценки некоторых величин, а соотносили важность оцениваемого показателя с некоторым общим для всех – так называемым "базовым" – показателем. Доказана возможность выделения одного базового показателя из трех, следовательно при организации экспертизы с использованием механизмов согласия возможно разбиение экспертов по тройкам, обеспечивающее неманипулируемость механизма в предположении, что каждый эксперт в той или иной степени заинтересован в определенных итоговых значениях всех показателей.

Возможность обеспечения достоверности сообщаемой экспертами информации появляется также при использовании *многоканальных механизмов экспертизы* [21, 29]. При использовании нескольких параллельных каналов выработки управляющих воздействий (то есть при наличии нескольких экспертов, автоматизированных систем поддержки принятия решений и т.д.) многоканальная структура системы в ряде случаев позволяет снизить имеющуюся неопределенность. В частности, при использовании модели управляемой системы, управляющий орган имеет возможность оценить какова была бы эффективность управления при реальном использовании предложений каждого из экспертов. Использование системы стимулирования экспертов, зависящей от

этой оценки и реальной эффективности управления, позволяет добиться неманипулируемости механизма. Та же идея используется и в *автономных механизмах экспертизы* [29], в которых эксперты самостоятельно (не сообщая каждый организатору экспертизы или ЛПР своих мнений) приходят к согласию относительно коллективного решения и сообщают только его. Использование стимулирования, пропорционального эффективности этого коллективного решения также в ряде случаев дает возможность обеспечить неманипулируемость автономных механизмов экспертизы.

### П.3. ТЕНДЕРЫ

Наблюдаемая в настоящее время распространенность, если не сказать "мода", использования на практике всевозможных конкурсов, а также приводимые для обоснования их целесообразности качественные рассуждения наталкивают на мысль – быть может честное соревнование действительно является панацеей от многих, если не всех, бед. На самом деле, формальный анализ конкурсных механизмов (которые в случае неделимых объектов конкурса называются *тендерами*, или *дискретными конкурсами*) показывает, что не все так просто.

Более корректно тендером (дискретным конкурсом) называется конкурс, в котором победители получают в точности заявленную величину (ресурса, финансирования, выгодный проект и т.д.), а проигравшие не получают ничего. Эффективность участника определяется как отношение оценки социально-экономического эффекта (точно известной и объективно заданной извне) к сообщенной участником оценке (требуемого ресурса, затрат и т.д.). Основная идея *простых конкурсов* заключается в упорядочении участников в порядке убывания эффективностей и выделения им ресурса в требуемом объеме последовательно, пока не закончится весь ресурс. Победителями конкурса являются участники, получившие ресурс. К сожалению, гарантированная эффективность простых конкурсных механизмов равна нулю (точнее – может быть сколь угодно мала) [30].

Несколько лучше обстоит дело в *прямых конкурсных механизмах*, в которых организатор конкурса, используя сообщенные оценки, решает задачу о ранце (ищет оптимальную с точки зрения суммарного эффекта комбинацию победителей) – гарантированная эффективность прямых конкурсов равна 0,5.

Подробное описание формальных моделей конкурсных механизмов и рекомендаций по их практическому использованию приведены в [30].

## **II.4. МЕХАНИЗМЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСА**

Механизмы распределения ресурса составляют обширный и чрезвычайно важный с точки зрения практических приложений класс механизмов управления (планирования). При их изучении решаются два основных вопроса – синтеза механизма максимальной эффективности и исследования манипулируемости механизмов планирования, то есть возможности построения для них эквивалентных прямых механизмов [30, 111, 124]. Механизмы распределения ресурса включают в себя приоритетные, конкурсные и другие механизмы, кратко рассматриваемые ниже в настоящем подразделе.

Неманипулируемые механизмы распределения ресурса. Пусть в распоряжении управляющего органа имеется некоторое количество ресурса. Задача распределения ресурса подразумевает нахождение такого его распределения между участниками системы, которое максимизировало бы некоторый критерий эффективности – например, суммарную эффективность использования ресурса. Если, например, эффективность использования ресурса конкретным элементом ОК не известна вышестоящему органу, то он вынужден использовать сообщения (заявки) элементов о требуемых количествах ресурса. Понятно, что, если имеется дефицит ресурса, то возникает проблема манипулируемости – элементы могут сообщать недостоверную информацию, стремясь получить оптимальное для себя количество ресурса.

Доказано, что для любого механизма распределения ресурса существует эквивалентный неманипулируемый механизм, в котором все элементы сообщают истинную информацию о своих по-

требностях и получают в равновесии то же количество ресурса, что и в исходном механизме (см. алгоритм построения такого механизма в [20, 29, 111, 124]). Содержательно "двойственной" к задаче распределения ресурса (дохода) является задача распределения затрат, в которой определяется доля затрат каждого элемента ОК на "приобретение в совместное пользование" некоторого общественного блага (так называемая задача о безбилетном пассажире – "free-rider problem").

Более того, доказано, что все анонимные (симметричные относительно перестановок элементов) механизмы распределения ресурса эквивалентны, поэтому на практике не стоит использовать сложные процедуры, а достаточно ограничиться простыми, например, процедурой распределения ресурса пропорционально заявкам элементов [20, 108].

Конкурсные механизмы распределения ресурса относятся к особому типу приоритетных механизмов, в которых на основе приоритетов определяется множество победителей. Победители конкурса либо получают право на получение ресурса, либо получают выгодный заказ и т.д.

Распределение ресурсов на конкурсной основе означает, что ресурс в первую очередь получают участники конкурса, у которых эффективность использования ресурса максимальна, причем под эффективностью понимается эффект на единицу ресурса. Организатор конкурса упорядочивает участников в порядке убывания эффективностей и распределяет ресурс в запрашиваемом размере, пока не закончится весь ресурс – так называемые *непрерывные конкурсы*, в которых часть участников, имеющих низкую эффективность, может получить количество ресурса, меньшее запрашиваемого (см. также выше описание дискретных конкурсов, в которых ресурс неделим).

Если эффективности использования ресурса элементами неизвестны организатору конкурса и сообщаются последними, то возникает проблема манипулируемости. Для конкурсных механизмов со штрафами за несовпадение реальной и заявленной эффективностей показано, что в ситуации равновесия эффективности всех победителей конкурса равны одному и тому же числу. Также доказано, что конкурсный механизм обеспечивает оптимальное (с

точки зрения суммарной эффективности) распределение ресурса [21].

## II.5. МЕХАНИЗМЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ

С одной стороны, механизмы финансирования могут рассматриваться как подкласс механизмов распределения ресурсов (финансовых). С другой стороны, в силу их многообразия и специфичности, зачастую, их выделяют в самостоятельный класс механизмов управления, включающий механизмы: смешанного финансирования и кредитования, самокупаемости, страхования, противозатратные механизмы и др.

Идея *смешанного финансирования* заключается в том, что средства одной из организаций на некоторый проект выделяются только при условии, что и другая организация – кредитор (партнер) – обязуется выделить на этот проект собственное финансирование. Жесткая фиксация долей вкладываемых средств имеет свои минусы – желающих вложить собственные средства будет либо слишком много, либо может не быть вообще. Следовательно, возникает задача синтеза механизма с гибко настраиваемыми величинами долей финансирования. Так как эти доли должны зависеть от неизвестных управляющему органу величин, например – параметров функций предпочтения кредиторов, то возникает задача манипулируемости. В [28, 29] приведены условия, при которых механизм смешанного финансирования обеспечивает большее привлечение средств, чем прямое финансирование, причем использование этого механизма выгодно как для управляющего органа, так и для организаций-кредиторов.

Если некоторый проект состоит из совокупности работ (подпроектов), причем для начала выполнения каждого подпроекта требуются некоторые затраты, а его окончание приносит некоторую (быть может, отрицательную, что часто имеет место в образовательных и социальных проектах) прибыль, то возникает задача построения *механизма самокупаемости* (самофинансирования), то есть задача определения оптимальной последовательности выполнения работ. В [28, 29] описан алгоритм определения после-

довательности выполнения работ, минимизирующей величину привлеченных средств.

Важный класс механизмов финансирования составляют *механизмы страхования*, основанные на взаимовыгодном перераспределении риска между нейтральным к риску страховщиком и несклонным к риску страхователем [29, 73]. Если имеет место асимметричная информированность (например, страховщик может не знать точной величины ущерба от наступления страхового случая, или иметь неточную оценку вероятности наступления этого события и т.д.), то, опять же, возникает проблема манипулирования со стороны страхователя.

Если конкурсные механизмы (см. выше) рассчитаны на использование в ситуациях, когда имеется несколько управляемых субъектов примерно "равной силы", то *противозатратные механизмы* позволяют эффективно управлять монополистами. Противозатратными называются такие механизмы управления, которые побуждают каждый элемент системы максимально повышать эффективность своей деятельности, выполнять соответствующую работу с высоким качеством и минимальными затратами.

В основе использования противозатратных механизмов лежит следующая общая идея. Предположим, что эффективность деятельности элемента ОК зависит от переменных двух типов – параметров, выбираемых самим элементом (например, затраты труда преподавателей), и параметров, устанавливаемых ему сверху – управлений (например, планы, нормативы рентабельности, коэффициенты ценообразования, налоговые показатели и т.д.). Задача заключается в выборе таких значений управлений, чтобы предпочтения элементов вели себя требуемым образом (например, возрастали или убывали по соответствующим параметрам). Примерами могут служить: противозатратные механизмы ценообразования и противозатратные механизмы налогообложения [21, 29, 159].

## **II.6. МЕХАНИЗМЫ СТИМУЛИРОВАНИЯ**

Перечислим основные классы базовых систем стимулирования в организационных системах, используемых как при управлении

ОК, так и при мотивации работников самих ОК (подробный их анализ проведен в работах [112, 115, 120]).

Скачкообразные системы стимулирования характеризуются тем, что субъект (или управляемый экономический объект) получает постоянное вознаграждение, при условии, что выбранное им действие соответствует оговоренному плановому значению, и нулевое вознаграждение при выборе других действий. Такие системы стимулирования содержательно могут интерпретироваться как аккордные, соответствующие фиксированному вознаграждению при объеме работ не ниже оговоренного заранее. Другая содержательная интерпретация соответствует фиксированному вознаграждению за достижение количественных нормативов, без каких либо надбавок и оценки качества деятельности.

Компенсаторные системы стимулирования характеризуются тем, что субъекту компенсируют затраты при условии, что его действия соответствуют плановым значениям.

Пропорциональные системы стимулирования. На практике широко распространены системы вознаграждения, основанные на введении ставок оплаты: повременная оплата подразумевает существование ставки оплаты единицы рабочего времени (как правило, часа или дня), сдельная оплата – существование ставки оплаты за единицу продукции и т.д. Объединяет эти системы оплаты то, что вознаграждение прямо пропорционально его действию (количеству отработанных часов, объему выпущенной продукции и т.д.), а ставка оплаты является коэффициентом пропорциональности. Как правило, эти системы стимулирования не оптимальны – их эффективность ниже, чем скачкообразных и компенсаторных. Количественные оценки сравнительной эффективности приведены в [115].

Перечисленные выше системы стимулирования являются простейшими – базовыми, представляя собой элементы "конструктора", используя которые можно построить другие более сложные системы стимулирования. Для возможности такого "конструирования" определяют "операции" над базовыми системами стимулирования. Во многих случаях достаточно ограничиться операциями следующих трех типов. Первый тип операции – переход к соответствующей "квази"-системе стимулирования – вознаграждение считается равным нулю всюду, за исключением действия, совпадающего с планом. Второй тип операции – разбиение множества

возможных действий на несколько подмножеств и использование различных базовых систем стимулирования на различных подмножествах. Третий тип операции – алгебраическое суммирование двух систем стимулирования.

Результаты сравнения эффективности базовых систем стимулирования приведены в [115].

## II.7. МЕХАНИЗМЫ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Одним из аспектов учета динамики развития ОК является возможность использование *механизмов оперативного управления*, которые учитывают наблюдаемую динамику поведения элементов ОК и позволяют вносить изменения в условия ее функционирования в режиме реального времени.

Наиболее простым вариантом механизма оперативного управления является рассмотрение в каждом периоде времени задачи синтеза механизма управления, оптимального с учетом наблюдаемой реализации результатов за истекший период. Однако в большинстве случаев адекватными являются динамические модели, в которых задачи, решаемые в каждом периоде, связаны между собой. Примерами прикладных механизмов оперативного управления являются следующие.

В *механизмах пересоглашения* обе стороны, вступившие во взаимовыгодное взаимодействие, например, заключившие контракт, по мере получения новой информации об условиях функционирования имеют возможность предложить пересмотреть условия контракта. Новый контракт заключается, если его условия не менее выгодны обеим сторонам, чем условия действующего на текущий момент контракта. Оказывается, что даже в условиях одинаковой информированности не всегда уменьшение неопределенности за счет поступления новой информации приводит к пересмотру договоренностей [29, 88, 116].

Как правило, решение задач анализа и синтеза механизмов управления требует значительных временных затрат, что может вступать в противоречие с требованием принятия решений в реальном режиме времени. Поэтому в *механизмах оперативного управления риском* управляющий орган априори (до начала функ-

ционирования или реорганизации системы) вырабатывает набор правил, параметрически зависящих от будущих возможных ситуаций (сценариев развития), которые могут сложиться в процессе функционирования управляемой системы. Имея достаточный "запас" (иногда упрощенных) механизмов "на все случаи жизни", можно оперативно принимать управленческие решения в режиме реального времени.

При отклонении результатов деятельности элементов системы от запланированных, управляющему органу желательно как можно раньше иметь информацию об этом для того, чтобы своевременно принять соответствующие меры. Механизмы, стимулирующие возможно более раннее информирование управляющего органа элементами РС об отклонениях от плана или прогноза, называются *механизмами опережающего самоконтроля*. Идея таких механизмов состоит в том, что наказание (поощрение) элемента при отклонении реализации от плана меньше (больше), если он своевременно сообщит об отклонениях, что позволит либо произвести компенсационные мероприятия, либо скорректировать план [29, 30].

Влияние случайных и неопределенных факторов во многих случаях может приводить к нарушению запланированных сроков работ и их этапов. Для таких случаев управляющий орган должен предусматривать создание финансовых и материальных резервов и соответствующие компенсационные меры. Механизмы, реализующие эти меры, называются *компенсационными механизмами* и подробно описаны в работах [29, 30].

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 2. ПРОГРАММА РАЗВИТИЯ И УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ**

В рамках перечисленных функций управления развитием образовательной системы – ОС – (в том числе – образовательной сети или образовательного комплекса), и, в первую очередь – развитием системы управления ОС, ключевую роль играет *программа развития* – документ, декларирующий, конкретизирующий и институа-

лизирующий<sup>1</sup> первые пять из перечисленных выше функций управления: анализ текущего состояния, прогноз, целеполагание, планирование и обеспечение ресурсами, а также отражающий принципы контроля и оперативного управления, которыми следует руководствоваться при решении задач развития.

Приведенное определение программы развития ОС подразумевает, что любая программа должна отражать перечисленные функции. Детализируем порождаемые этим утверждением требования к ее форме и содержанию.

В соответствии с общими принципами управления ОС, описанными выше, программа развития ОС должна содержать:

1) Описание модели ОС Программа развития ОС должна явно или неявно основываться на некоторой *модели ОС* (см. выше), в рамках которой желательна отражение информации, выражаемой следующими группами показателей<sup>2</sup>:

I. Общая информация о регионе:

1. Природно-климатические и экологические факторы.
2. Экономическая ситуация.
3. Социальная сфера.
4. Демографическая ситуация.
5. Занятость населения.

II. Общая информация о структуре ОС.

III. Информация для внешней модели ОС.

IV. Информация для внутренней модели ОС.

---

<sup>1</sup> Если декларация необходима для корректности и четкости осознания существующих проблем и путей их решения как работниками системы образования, так и внешней (по отношению к ОС) средой – органами государственного управления, вышестоящими органами управления образованием, общественностью и т.д., то институционализация, то есть придание программе развития статуса нормативного документа, необходима для возможности осуществления функций контроля и оперативного управления самого ОС в ходе дальнейшей реализации программы, а также для успешного взаимодействия ОС с внешней средой.

<sup>2</sup> Следует отметить, что в большинстве известных (существующих и/или доступных по тем или иным причинам не только работникам соответствующих региональных органов управления образованием) программ развития ОС "описательная" часть выполнена достаточно добросовестно и подробно (различия в степени детализации не играют принципиальной роли). Однако, не всегда описание специфики региона (например, значения показателей общей информации о регионе) сопровождается анализом тех требований к ОС, которые обусловлены этой спецификой.

V. Информация для структурно-функциональной модели ОС.

VI. Информация для потоковой модели ОС.

2) Определение общих и частных целей развития ОС и предметов управления. Наличие модели ОС дает возможность сформулировать общую цель развития ОС, которая посредством конкретизации превращается в набор частных целей<sup>1</sup> (которые с учетом существующих условий – возможностей, ограничений и т.д., в свою очередь, превращаются в задачи развития).

3) Определение критерия эффективности функционирования ОС<sup>2</sup>, ставящий в соответствие состоянию ОС, описываемой в рамках принятой ее модели, степень соответствия целям, перечисленным в предыдущем пункте.

4) Определение множества допустимых управляющих воздействий<sup>3</sup>. Например, в качестве возможных управляющих воздействий выше перечислены изменения: структуры ОС, набора образовательных программ, содержания образовательных программ и системы управления. Детализация этих общих групп управляющих воздействий позволяет получить набор частных управляющих воздействий, удовлетворяющих существующим ограничениям (см. рисунок П.3). Возможные управляющие воздействия необходимо также проверять на допустимость в смысле согласованности с существующими или прогнозируемыми институциональными и ресурсными ограничениями. Не следует забывать, что справедлив следующий общий принцип эффективного функционирования системы управления образованием: одним из управляющих воздействий является изменение самой системы управления ОС (которое, будучи индуцированным изнутри может рассматриваться

---

<sup>1</sup> В известных в оговоренном выше смысле программах развития ОС формулировка общих и частных целей развития, как правило, выполнена достаточно четко и редко подвергается критике.

<sup>2</sup> В известных программах развития ОС формулировка (правда, не всегда достаточно четкая) критерия эффективности состояния (функционирования) ОС либо содержится явно, либо ее наличие подразумевается, и она может быть более или менее однозначно восстановлена.

<sup>3</sup> В известных программах развития ОС перечисление допустимого множества управляющих воздействий, как правило, не полно. Конечно, не стоит приводить перечисление всех допустимых управлений и их комбинаций, однако их полный охват разработчиками, быть может остающийся за рамками конечного текста программы развития, крайне желателен.

как саморазвитие, столь необходимое в современных условиях существенной автономии ОС).

5) Перечисление задач и функций управления, определение критерия эффективности управляющих воздействий<sup>1</sup>, который ставит в соответствие управляющему воздействию степень соответствия состояния ОС, достигаемого в результате реализации данного воздействия, целям, перечисленным во втором пункте.

Реализация перечисленных пяти пунктов дает возможность установить взаимосвязь между частными управляющими воздействиями и требуемым для этого ресурсным обеспечением (*вариантами развития ОС*), с одной стороны, и общей целью развития ОС, с другой стороны (см. рисунок П.3, на котором условная граница между деревом целей и структурой декомпозиции управлений обозначена двойной линией), что дает возможность формулировать и решать задачу оптимизации функционирования ОС (см. следующий пункт).

6) Обоснование программы развития – описание результатов решения задач оптимизации функционирования ОС – сравнения эффективностей различных допустимых вариантов развития и выбор среди них варианта, обладающего максимальной или, соответственно, удовлетворительной эффективностью<sup>2</sup>.

7) Описание набора действий, мероприятий и т.д.<sup>3</sup> (с указанием сроков, ответственных, ресурсов и т.д.), осуществление которых позволит в рамках существующих ограничений достичь цели развития ОС. Содержание данного пункта – указание оптимального или рационального варианта развития – должно вытекать из

---

<sup>1</sup> В известных программах развития ОС описание критерия эффективности управляющих воздействий либо отсутствует, либо присутствует неявно или слишком расплывчато для того, чтобы конструктивно его использовать.

<sup>2</sup> Уместно сделать следующее терминологическое замечание: оптимальной (рациональной) называется альтернатива, наилучшая (удовлетворительная) в существующих условиях.

<sup>3</sup> Данный пункт содержится практически во всех известных программах развития ОС и нередко подразумевается, что именно этот пункт и является собственно программой развития. Такое узкое толкование понятия "программа развития" имеет право на существование, однако с нашей точки зрения для его обозначения более уместен термин "вариант развития, не подкрепленный никаким обоснованием".

результатов предыдущего пункта, то есть из обоснования программы развития ОС.

8) Описание механизмов управления<sup>1</sup> (в том числе принципов контроля, мотивации, оперативного управления и т.д. – см. выше).

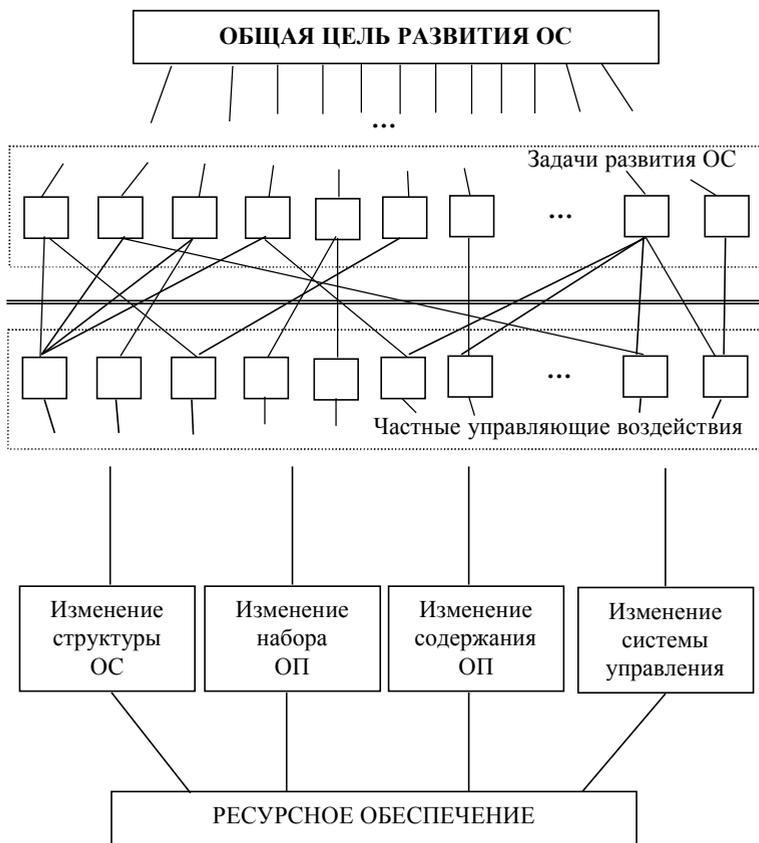


Рис. П.3. Связь между общими целями развития ОС и ресурсным обеспечением

<sup>1</sup> В известных программах развития ОС описание механизмов управления отсутствует.

Таким образом, программа развития ОС должна состоять из «описательной» части (пункты 1-5), обоснования (пункт 6), формулировки оптимального или рационального варианта развития (пункт 7) и описания механизмов управления (пункт 8).

Анализ известных программ развития ОС позволяет сделать вывод, что наиболее полно в них проработаны именно «описательные» части, в то время как обоснование предлагаемого варианта развития отсутствует. Поясним последнее утверждение.

Структура практически всех программ одинакова: за описанием характеристик окружения и параметров ОС следует декларация общих целей, а затем – длинный перечень мероприятий, реализация которых якобы позволит достичь цели развития. Сомнения вызывают два момента. Во-первых, где гарантия, что предлагаемый набор мероприятий позволит достичь цели? Во-вторых<sup>1</sup>, быть может существует другой вариант развития, обладающий более высокой эффективностью? Для снятия этих (и им подобных) вопросов необходимо корректное обоснование предлагаемого варианта<sup>2</sup> развития.

Следовательно, на сегодняшний день можно констатировать, что при разработке программ развития ОС необходимо уделять большее внимание именно их обоснованию. Приводимые в настоящей работе модели, принципы и механизмы управления как раз и нацелены на то, чтобы дать разработчикам программ развития ОС методологию и инструментарий, позволяющие принимать эффективные управленческие решения как на этапе создания обоснованных программ, так и при их реализации.

---

<sup>1</sup> При данном перечислении мы абстрагируемся от возможности "неправильной" (с чьей-либо субъективной точки зрения) или некорректной (с формальной точки зрения) формулировки целей развития.

<sup>2</sup> В идеале программа развития ОС должна содержать несколько вариантов развития, эффективность каждого из которых обоснована в рамках того или иного сценария развития. Однако, на сегодняшний день это требование является слишком сильным, тем более с учетом того, что существующие программы не содержат не только сценария развития, но и обоснования эффективности (в рамках некоторого – подразумеваемого по умолчанию – сценария) предлагаемого варианта развития.

## ЛИТЕРАТУРА<sup>1</sup>

- 1 Аверкин В.Н. Административное управление территориальными образовательными системами. Новгород: Новгор. регион. центр развития образования, 1999. – 89 с.
- 2 Автономов В.С. Модель человека в экономической науке. СПб.: Экономическая школа, 1998. – 230 с.
- 3 \* Андронникова Н.Г., Баркалов С.А., Бурков В.Н., Котенко А.М. Модели и методы оптимизации региональных программ развития. М.: ИПУ РАН, 2001. – 60 с.
- 4 \* Андронникова Н.Г., Бурков В.Н., Леонтьев С.В. Комплексное оценивание в задачах регионального управления. М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
- 5 Ансоф И. Стратегическое управление. М.: Экономика, 1989. – 519 с.
- 6 Ануфриев И.К., Бурков В.Н., Вилкова Н.И., Рапацкая С.Т. Модели и механизмы внутрифирменного управления. М.: ИПУ РАН, 1994. – 72 с.
- 7 Аткинсон Р., Бауэр Г., Кротерс Э. Введение в математическую теорию обучения. М.: Мир, 1969. – 468 с.
- 8 Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения. М.: Прогресс, 1980. – 528 с.
- 9 Атоян В.Р. и др. Трансформация российских университетов в учебно-научно-инновационные комплексы. Саратов.: СГТУ, 2001. – 416 с.
- 10 Афанасьева Т.П., Ерошин В.И. Экономическое обоснование проектных решений в образовании. М.: ИУО РАО, 1999. – 48 с.
- 11 Бабкин В.Ф., Баркалов С.А., Щепкин А.В. Деловые имитационные игры в организации и управлении. Воронеж: ВГАСУ, 2001. – 252 с.
- 12 Балашов В.Г. Модели и методы принятия выгодных финансовых решений. М.: Физматлит, 2003. – 408 с.
- 13 \* Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Иващенко А.А., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
- 14 Балашов В.Г., Ириков В.А. Технологии повышения финансового результата предприятий и корпораций. М.: ПРИОР, 2002. – 512 с.
- 15 Балыхин Г.А. Управление развитием образования: организационно-экономический аспект. М.: Экономика, 2004. – 428 с.
- 16 Беляева А.П. Интегративно-модульная педагогическая система профессионального образования. СПб.: Радом, 1997. – 226 с.

---

<sup>1</sup> Работы, отмеченные звездочкой, можно найти в электронном виде на сайте теории управления организационными системами [www.mtas.ru](http://www.mtas.ru).

- 17 Беспалько В.П. Педагогика и прогрессивные технологии обучения. Москва, 1995. – 412 с.
- 18 Бочкина Н.В. Образовательный комплекс как форма интеграции в сфере образования. СПб., 1997. – 123 с.
- 19 Бурков В.Н., Горгидзе И.А., Ловецкий С.Е. Прикладные задачи теории графов. Тбилиси: Мецниереба, 1974. – 234 с.
- 20 \*Бурков В.Н., Горгидзе И.И., Новиков Д.А., Юсупов Б.С. Модели и механизмы распределения затрат и доходов в рыночной экономике. М.: ИПУ РАН, 1997. – 59 с.
- 21 Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов. М.: Наука, 1989. – 245 с.
- 22 \*Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С., Динова Н.И., Щепкин Д.А. Применение игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов. М.: ИПУ РАН, 2003. – 51 с.
- 23 Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М.: Наука, 1977. – 255 с.
- 24 \*Бурков В.Н., Дорохин В.В., Балашов В.Г. Механизмы согласования корпоративных интересов. М.: ИПУ РАН, 2003. – 73 с.
- 25 Бурков В.Н., Еналеев А.К., Новиков Д.А. Механизмы стимулирования в вероятностных моделях социально-экономических систем // Автоматика и Телемеханика. 1993. № 11. С. 3 – 30.
- 26 Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Малевич А.А., Немцева А.Н. Деловые игры в принятии управленческих решений (учебное пособие). М.: МИ-СиС. 1986.
- 27 \*Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Леонтьев С.В., Новиков Д.А., Чернышев Р.А. Механизмы финансирования программ регионального развития. М.: ИПУ РАН, 2002. – 55 с.
- 28 \*Бурков В.Н., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Теория графов в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2001.–124с.
- 29 Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять проектами. М.: Синтег, 1997. – 188 с.
- 30 Бурков В.Н., Новиков Д.А. Как управлять организациями. М.: Синтег, 2004. – 400 с.
- 31 Бурков В.Н., Новиков Д.А. Модели и механизмы теории активных систем в управлении качеством подготовки специалистов. М.: ИЦ, 1998. – 158 с.
- 32 \*Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. М.: Синтег, 1999 – 128 с.
- 33 Буш Р., Мостеллер Ф. Стохастические модели обучаемости. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1962. – 483 с.

- 34 Бывалина О.А., Кучинская Г.К. Центр непрерывного профессионального образования в малом городе с монопроизводственной экономикой. М.:ИЦПНПО РАО, 1996. – 44 с.
- 35 \*Васильев Д.К., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А., Цветков А.В. Типовые решения в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2003. – 84 с.
- 36 Васильев Д.К., Карамзина Н.С., Колосова Е.В., Цветков А.В. Деловая игра как средство внедрения системы управления проектами / Материалы Международного симпозиума по управлению проектами в переходной экономике. Москва, 1999. С. 281 – 285.
- 37 Веккер Л.М. Психические процессы. Ленинград: ЛГУ. Том. 1, 1974. – 334 с; Том 2, 1976. – 342 с.
- 38 Вифлеемский А.Б. Экономические отношения образовательного комплекса России. Москва, 2003. – 501 с.
- 39 Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс. М.: Изд-во МГУ, 1996. – 416 с.
- 40 Воронин А.А., Мишин С.П. Оптимальные иерархические структуры. М.: ИПУ РАН, 2003. – 211 с.
- 41 Воропаев В.И. Управление проектами в России. М.: Аланс, 1995. – 225 с.
- 42 Гаськов В.М. Управление системой профессионального образования. М.: ИРПО, 2001. – 288 с.
- 43 Гвишиани Д.М. Организация и управление. М.: Наука, 1970. – 382 с.
- 44 Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. М.: Наука, 1976. – 327 с.
- 45 \*Гилев С.Е., Леонтьев С.В., Новиков Д.А. Распределенные системы принятия решений в управлении региональным развитием. М.: ИПУ РАН, 2002. – 54 с.
- 46 \*Гламаздин Е.С., Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы управления корпоративными программами: информационные системы и математические модели. М.: Спутник+, 2001. – 159 с.
- 47 Горелик В.А., Кононенко А.Ф. Теоретико-игровые модели принятия решений в эколого-экономических системах. М.: Радио и связь, 1982. – 144 с.
- 48 Губко М.В., Коргин Н.А. Классификация моделей анализа и синтеза организационных структур / Управление большими системами. Сборник трудов под ред. Д.А. Новикова. Выпуск 6. М.: ИПУ РАН, 2004. С. 5 – 21.
- 49 Губко М.В., Новиков Д.А. Теория игр в управлении организационными системами. М.: Синтег, 2002. – 148 с.
- 50 \*Губко М.В. Механизмы управления организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. М.: ИПУ РАН, 2003.–118 с.

- 51 Дейнека О.С. Экономическая психология. СПб.: СПбУ, 1999. – 240 с.
- 52 Деражне Ю.Л. Открытое обучение. М.: Сервис, 2003. – 499 с.
- 53 Евдокимова М.В. Управление образовательными системами: Учеб.-метод. пособие / Новгород: Новгород. гос. ун-т. им. Ярослава Мудрого, 2001.
- 54 Егоршин А.П. Управление персоналом. Н.Новгород: НИМБ, 1997. – 607 с.
- 55 Жураковский В.М., Кураков Л.П. Образование в системе социально-экономических отношений. М.: Вуз и школа, 2004. – 300 с.
- 56 Загвязинский В.И. Теория обучения. М.: Академия, 2001. – 192 с.
- 57 Закон Российской Федерации "Об образовании".
- 58 Заложнев А.Ю. Модели и методы внутрифирменного управления. М.: Сторм Медиа, 2004. – 320 с.
- 59 Зимбардо Ф., Ляйппе М. Социальное влияние. СПб.: Питер, 2000. – 448 с.
- 60 Золотарев В.Б. Эффективность деятельности органов управления начальным профессиональным образованием в регионе. А/р диссертации на соиск. уч. ст. к.п.н. Москва, 1999.
- 61 Иванчиков Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике. М.: Наука, 1979. – 304 с.
- 62 Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. М.: Прогресс, 1975. – 606 с.
- 63 Ительсон Л.Б. Математические и кибернетические методы в педагогике. М.: Просвещение, 1964. – 248 с.
- 64 Кабаченко Т.С. Психология управления. М.: Педагогическое общество России, 2001. – 384 с.
- 65 \*Караваев А.П. Модели и методы управления составом активных систем. М.: ИПУ РАН, 2003. – 151 с.
- 66 Карпов А.В. Психология принятия управленческих решений. М.: Юристъ, 1998. – 440 с.
- 67 Клейнер Г.Б. Производственные функции: теория, методы, применение. М.: Финансы и статистика, 1986. – 238 с.
- 68 Козелецкий Ю. Психологическая теория решений. М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
- 69 \*Колосова Е.В., Новиков Д.А., Цветков А.В. Методика освоенного объема в оперативном управлении проектам. М.: Апостроф, 2001. – 154 с.
- 70 Кононенко А.Ф., Халезов А.Д., Чумаков В.В. Принятие решений в условиях неопределенности. М.: ВЦ АН СССР, 1991. – 197 с.
- 71 \*Коргин Н.А. Неманипулируемые механизмы обмена в активных системах. М.: ИПУ РАН, 2003. – 126 с.

- 72 Котлер Ф. Основы маркетинга М.: Прогресс, 1990. – 736 с.
- 73 Кузьмицкий А.А., Новиков Д.А. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. М.: ИПУ РАН, 1993. – 64 с.
- 74 Кузьмицкий А.А., Щепкин А.В. Разработка деловых игр по управлению проектами. М.: ИПУ РАН, 1994. – 64 с.
- 75 Курдюмова И.М. Зарубежный опыт оценки деятельности образовательных учреждений. М.: ИУО РАО, 2002. – 124 с.
- 76 Куркин Е.Б. Управление инновационными проектами в образовании. М.: Педагогика-Пресс, 2001. – 328 с.
- 77 Кыверялг А.А. Методы исследований в профессиональной педагогике. Таллин: Валгус, 1980. – 334 с.
- 78 Лазарев В.С., Поташник М.М. Как разработать программу развития школы. М.: Новая школа, 1993. – 48 с.
- 79 Лазарев В.С. Системное развитие школы. М.: Педагогическое общество России, 2002. – 304 с.
- 80 Лебедев О.Е. и др. Управление образовательными системами: Пособие. М.: М-во общ. и проф. образования РФ, 1998.
- 81 Леднев В.С. Содержание общего среднего образования. М.: Педагогика, 1980. – 264 с.
- 82 Леонтьев С.В. Модели и методы управления региональным развитием. М.: Физматлит, 2002. – 324 с.
- 83 Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа. М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
- 84 Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. М.: Патент, 1996. – 271 с.
- 85 Логвинов И.И. Имитационное моделирование учебных программ. М.: Педагогика, 1980. – 114 с.
- 86 Логвинов И.И. На пути к теории обучения. М.: ИТОП РАО, 1999. – 170 с.
- 87 Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование. М.: Наука, 1984. – 391 с.
- 88\* Лысаков А.В., Новиков Д.А. Договорные отношения в управлении проектами. М.: ИПУ РАН, 2004. – 101 с.
- 89 Майерс Д. Социальная психология. СПб.: Питер, 1998. – 688 с.
- 90 Маклаков С.В. ВРwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. М.: Диалог-МИФИ, 2001. – 304 с.
- 91 Менар К. Экономика организаций. М.: ИНФРА-М, 1996.–160 с.
- 92 Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем. М.: Мир, 1973. – 344 с.

- 93 Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Дело, 1998. – 800 с.
- 94 Мильнер Б.З., Евенко Л.И., Раппопорт В.С. Системный подход к организации управления. М.: Экономика, 1983. – 224 с.
- 95 Мильнер Б.З. Теория организации. М.: ИНФРА-М, 2002. – 502 с.
- 96 Минцберг. Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации. СПб.: Питер, 2002. – 512 с.
- 97 Михайлова Н.Н., Демашева М.Е. Технология управления развитием педагогической деятельности. М.: УМО по профессионально-педагогическому образованию МО РФ, 2002. – 245 с.
- 98 Михеев В.И. Моделирование и методы теории измерений в педагогике. М.: Едиториал УРСС, 2004. – 200 с.
- 99 Мулен Э. Кооперативное принятие решений: аксиомы и модели. М.: Мир, 1991. – 464 с.
- 100 Найн А.Я. Инновации в образовании. Челябинск, 1995. – 288 с.
- 101 Никитин М.В. Практический маркетинг в микроэкономике учреждения профессионального образования. М.: «БУК лтд», 1999. – 244 с.
- 102 Новиков А.М. Методология образования. Эгвес, 2002. – 380 с.
- 103 Новиков А.М. Процесс и методы формирования трудовых умений: профпедагогика. М.: Высшая школа, 1986. – 288 с.
- 104 Новиков А.М. Российское образование в новой эпохе. М.: Эгвес, 2000. – 288 с.
- 105 Новиков А.М., Новиков Д.А. Образовательный проект (методология образовательной деятельности). М.: Эгвес, 2004. – 120 с.
- 106 \*Новиков Д.А. Закономерности итеративного научения. М.: ИПУ РАН, 1998. – 96 с.
- 107 \*Новиков Д.А. Институциональное управление организационными системами. М.: ИПУ РАН, 2004. – 68 с.
- 108 \*Новиков Д.А. Механизмы функционирования многоуровневых организационных систем. М.: Фонд "Проблемы управления", 1999. – 150 с.
- 109 \*Новиков Д.А. Модели и механизмы управления развитием региональных образовательных систем. М.: ИПУ РАН, 2001. – 83 с.
- 110 Новиков Д.А. Обобщенные решения задач стимулирования в активных системах. М.: ИПУ РАН, 1998. – 68 с.
- 111 \*Новиков Д.А., Петраков С.Н. Курс теории активных систем. М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
- 112 Новиков Д.А. Стимулирование в социально-экономических системах (базовые математические модели). М.: ИПУ РАН, 1998. – 216 с.

- 113 \*Новиков Д.А. Сетевые структуры и организационные системы. М.: ИПУ РАН, 2003. – 102 с.
- 114 \*Новиков Д.А. Статистические методы в педагогических исследованиях (типовые случаи). М.: МЗ-Пресс, 2004. – 67 с.
- 115 Новиков Д.А. Стимулирование в организационных системах. М.: Синтег, 2003. – 312 с.
- 116 \*Новиков Д.А., Смирнов И.М., Шохина Т.Е. Механизмы управления динамическими активными системами. М.: ИПУ РАН, 2002. – 124 с.
- 117 \*Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Активный прогноз. М.: ИПУ РАН, 2002. – 101 с.
- 118 Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Рефлексивные игры. М.: ИПУ РАН, 2003. – 160 с.
- 119 \*Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы функционирования организационных систем с распределенным контролем. М.: ИПУ РАН, 2001. – 118 с.
- 120 \*Новиков Д.А., Цветков А.В. Механизмы стимулирования в многоэлементных организационных системах. М.: Апостроф, 2000 – 184 с.
- 121 Олейник А.Н. Институциональная экономика. М.: ИНФРА-М, 2000. – 372 с.
- 122 Олейникова О.Н. Многоуровневые учебные заведения профессионального образования за рубежом. М.: ЦИППО, 2001. – 46 с.
- 123 Основные направления социально-экономической политики Правительства РФ на долгосрочную перспективу // Высшее образование сегодня. 2001. № 1.
- 124 \*Петраков С.Н. Механизмы планирования в активных системах: неманипулируемость и множества диктаторства. М.: ИПУ РАН, 2001. – 135 с.
- 125 Плотинский Ю.М. Теоретические и эмпирические модели социальных процессов. М.: Логос, 1998. – 280 с.
- 126 Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. М.: Наука, 1982. – 284 с.
- 127 Попова М.И. Экономические методы управления системой регионального образования. С.-Пб.: Специальная литература, 1998. – 102 с.
- 128 Поспелов Г.С., Ириков В.А. Программно-целевое планирование и управление. М.: Советское радио, 1976. – 344 с.
- 129 Поташник М.М. Инновационные школы России: становление и развитие. Опыт программно-целевого управления. Москва, ИУО РАО, 1996. – 126 с.
- 130 Поташник М.М., Лазарев В.С. Управление развитием школы. М.: Новая школа, 1995. – 135 с.

- 131 Пригожин А.И. Современная социология организаций. М.: Интерпресс, 1995. – 296 с.
- 132 Программно-целевое управление развитием образования / Под ред. А.М. Моисеева. М.: Педагогическое общество России, 1999. – 191 с.
- 133 Пфанцагль И. Теория измерений. М.: Мир, 1976. – 248 с.
- 134 Редько А.А. Управление качеством непрерывного уровневого образования в региональном учебно-научно-педагогическом комплексе. М.: Илекса, 2001. – 320 с.
- 135 Садовничий В.А., Белокуров В.В., Сушко В.Г., Шикин Е.В. Университетское образование. М.: МГУ, 1995. – 352 с.
- 136 Санталайнен Т. и др. Управление по результатам. М.: Прогресс, 1988. – 320 с.
- 137 Сергеев Н.С. Становление и развитие университетских научно-образовательных комплексов // Вузовские вести. 2001. № 22.
- 138 Сергеева В.П. Управление образовательными системами. М.: Граф-Пресс, 2000. – 160 с.
- 139 Симонов В.П. Педагогический менеджмент. М.: Пед. Общество России, 1999. – 426 с.
- 140 Сладкова Н.М. Система управления образовательными проектами в регионе. А/р диссертации на соиск. уч. ст. к.п.н. Москва, 1999.
- 141 Соколов В.М. Начала элементарной теории управления образовательными системами: Учеб. Пособие. Нижний Новгород: Нижегород. ин-т развития образования, 1999. – 115 с.
- 142 Супес П., Зинес Д. Основы теории измерений / Психологические измерения. М.: Мир, 1967. С. 9 – 110.
- 143 Суровцев И.С. Университетские комплексы – новые условия трансфера технологий и кадрового сопровождения производства / Научная программа высшей школы как фактор интеграции регионов. Тверь, ТГТУ, 2002. С. 137 – 138.
- 144 Таюрский А.И. Подготовка кадров для экономики переходного периода (на примере Красноярского края). Красноярск, 1998. – 410 с.
- 145 Ткаченко Е.В., Глазунов А.Т. Базовое профессиональное образование: проблемы регионализации и развития. Чебоксары: ЧГУ, 2001.–253 с.
- 146 Третьяков П.И. Управление школой по результатам: Практика педагогического менеджмента. М.: Новая школа, 2001. – 320 с.
- 147 Уильямсон О.Е. Экономические институты капитализма. Фирмы, рынки, «отношенческая» контракция. СПб.: Лениздат, 1996. – 162 с.
- 148 Управление проектами: справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура, В.Д. Шапира. М.: Высшая школа, 2001. – 875 с.

- 149 Ушаков К.М. Ресурсы управления школьной организацией. М.: Сентябрь, 2000. – 144 с.
- 150 Хомерики О.Г., Поташник М.М., Лоренсов А.В. Развитие школы как инновационный процесс. М.: Новая школа, 1994. – 64 с.
- 151 Худой Н.Г. Интеграционные процессы в региональной системе профессионального образования. М.: Академия, 2002. – 176 с.
- 152 Цыганов В.В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении. М.: Наука, 1991. – 166 с.
- 153 Фишберн П. Теория полезности для принятия решений. М.: Наука, 1978. – 352 с.
- 154 Фишер С., Дорнбуш Р., Шмалензи Р. Экономика. М.: Дело, 1993. – 864 с.
- 155 Фролов С.С. Социология. М.: Гардарики, 2000. – 344 с.
- 156 Черкасов Б.П. Совершенствование учебных планов и программ на базе сетевого планирования. Москва, 1975.
- 157 Шамова Т.И., Третьяков П.И., Капустин Н.П. Управление образовательными системами: Учебное пособие для вузов / Под ред. Т. И. Шамовой. Москва, 2002. – 148 с.
- 158 Щенников С.А. Открытое дистанционное образование. М.: Наука, 2002. – 528 с.
- 159 \*Щепкин А.В. Механизмы внутрифирменного управления. М.: ИПУ РАН, 2001. – 80 с.
- 160 Эренберг Р.Дж., Смит Р.С. Современная экономика труда. Теория и государственная политика. М.: Изд-во МГУ, 1996.–800 с.
- 161 Янг С. Системное управление организацией. М.: Советское радио, 1982. – 456 с.
- 162 Argyris C. Integrating the individual and the organization. N.Y.: Wiley, 1964. – 330 p.
- 163 Coase R.H. The Nature of Firm // *Economica*. 1937. 4. P. 386–405.
- 164 Drucker P. Management: tasks, responsibilities, practices. N.Y.: Harper & Row, 1974. – 839 p.
- 165 Frank J. The new Keynesian economics: unemployment, search and contracting. Brington: Wheatshaf books, 1986. – 283 p.
- 166 Fudenberg D., Tirole J. Game theory. Cambridge: MIT Press, 1995.–579p.
- 167 Handy C. Understanding organizations. London: Penguin Books, 1993. – 445 p.
- 168 Hart O.D., Holmstrom B. Theory of contracts // *Advances in economic theory*. 5-th World Congress. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1987. P. 71 – 155.

- 169 Kreitner R. Management. Boston: Houghton – Mifflin Company, 1992. – 662 p.
- 170 Laffont J.J. Fundamentals of public economics. Cambridge: MIT Press, 1989. – 289 p.
- 171 Laffont J.J. The economics of uncertainty and information. Cambridge: MIT Press, 1989. – 289 p.
- 172 Mas-Collel A., Whinston M.D., Green J.R. Microeconomic theory. N.Y.: Oxford Univ. Press, 1995. – 981 p.
- 173 Mintzberg H. The structuring in organizations. NJ: Prentice Hall, 1979. – 512 p.
- 174 Moulin H., Shenker S. Serial cost sharing // *Econometrica*, 1992. Vol. 60. № 5. P. 1009 – 1037.
- 175 Myerson R.B. Game theory: analysis of conflict. London: Harvard Univ. Press, 1991. – 568 p.
- 176 Williamson O.E. Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives // *Administrative Science Quarterly*. 1991. Vol. 36. P. 34 – 42.